מבחני מתכונת
במכניקה
4 ו-5 יחידות
עם פתרונות מלאים

תנועה בקו ישר
חוקי ניוטון
תנועה במישור
עבודה ואנרגיה

מתקף ותנע
תנועה מעגלית
תנועה הרמונית
כבידה

מאת
ד"ר יורם אשל

מבחני מתכונת במכניקה 4 ו-5 יחידות עם פתרונות מלאים

תנועה בקו ישר
חוקי ניוטון
תנועה במישור
עבודה ואנרגיה

מתקף ותנע
תנועה מעגלית
תנועה הרמונית
כבידה

מאת
ד"ר יורם אשל

מהדורה ראשונה, ינואר 2000

(C)
כל הזכויות שמורות למחבר

הוצאת "אשל"

נדפס בישראל תש"ס
Printed in israel 2000

נדפס בדפוס אופסט "ראמים", חולון

תוכן עניינים

מבחן מספר 1
שאלון 1
תשובות סופיות 6
תשובות מלאות 8

מבחן מספר 2
שאלון 16
תשובות סופיות 21
תשובות מלאות 23

מבחן מספר 3
שאלון 29
תשובות סופיות 34
תשובות מלאות 36

מבחן מספר 4
שאלון 42
תשובות סופיות 47
תשובות מלאות 49

מבחן מספר 5
שאלון 57
תשובות סופיות 62
תשובות מלאות 64

מבחן מספר 6
שאלון 72
תשובות סופיות 77
תשובות מלאות 79

מבחן מספר 7
שאלון 85
תשובות סופיות 90
תשובות מלאות 92

מבחן מספר 8
שאלון 98
תשובות סופיות 103
תשובות מלאות 105

מבחן מספר 9

שאלון 113
תשובות סופיות 118
תשובות מלאות 120

מבחן מספר 10

שאלון 126
תשובות סופיות 131
תשובות מלאות 133

מבחן מספר 11

שאלון 139
תשובות סופיות 143
תשובות מלאות 145

מבחן מספר 12

שאלון 150
תשובות סופיות 156
תשובות מלאות 158

מבחן מספר 13

שאלון 162
תשובות סופיות 167
תשובות מלאות 169

מבחן מספר 14

שאלון 176
תשובות סופיות 181
תשובות מלאות 183

מבחן מספר 15

שאלון 189
תשובות סופיות 194
תשובות מלאות 196

מבחן מספר 16

שאלון 203
תשובות סופיות 208
תשובות מלאות 210

מבחן מספר 17
שאלון. 217
תשובות סופיות 222
תשובות מלאות 224

מבחן מספר 18
שאלון. 230
תשובות סופיות 235
תשובות מלאות 238

מבחן מספר 19
שאלון. 244
תשובות סופיות 249
תשובות מלאות 251

מבחן מספר 20
שאלון. 257
תשובות סופיות 262
תשובות מלאות 264

מבחן מספר 21
שאלון. 270
תשובות סופיות 275

מבחן מספר 22
שאלון. 277
תשובות סופיות 282

מבחן מספר 23
שאלון. 284
תשובות סופיות 289

מבחן מספר 24
שאלון. 292
תשובות סופיות 297

מבחן מספר 25
שאלון. 301
תשובות סופיות 306

דף נוסחאות 309
מיון שאלות על פי נושאים 311

הקדמה

ספר המתכונת במכניקה הוא אוסף מבחנים המנסה לחקות את הכיוון החדש של משרד החינוך במבחני הבגרות.
בשנים האחרונות הנטיה היא לשאלות הבנתיות יותר, ופחות לשאלות הדורשות הצבה בנוסחאות. בנוסף, יש יותר ויותר שאלות המתארות מצב ניסויי הדורש הוצאת נתונים והסקת מסקנות מניסוי.

ברור שהבחינות המופיעות בספר אינן בדיוק תואמות את הבחינות כיום. יש שנים שיש בהם שאלה פשוטה, או שאלה זהה למבחן קודם. מבחינה זו תיתכן הטענה שבחינות המתכונת המופיעות בספר הן קשות יותר. אני בחרתי בדרך זו מתוך אמונה שבשלב התרגול אין מקום להנחות.

לעומת זאת, בניגוד למספר תיכונים שבהם השאלות בבחינות המתכונת הן ברמה אחת מעל השאלות בבחינות הבגרות, אין כאן כוונה כזו. יש כאן נסיון לשאלות היכולות להופיע כפי שהן בבחינות הבגרות.

אני בטוח שכל הפותר ספר מתכונות זה יהיה מוכן היטב לבחינת הבגרות במכניקה.

אני רוצה להודות לעידו מירון על עזרתו בפתרון התרגילים, להערותיו והארותיו שעזרו לי רבות.

כמו בכל ספר תרגילים, יתכן ונשארו מספר שגיאות. אודה לכל מי שיעיר לי עליהן.
פניות אלי, לצורך הערה או לצורך שאלה, ניתן לעשות דרך אתר האינטרנט שכתובתו www.eshel-physics.co.il

בהצלחה

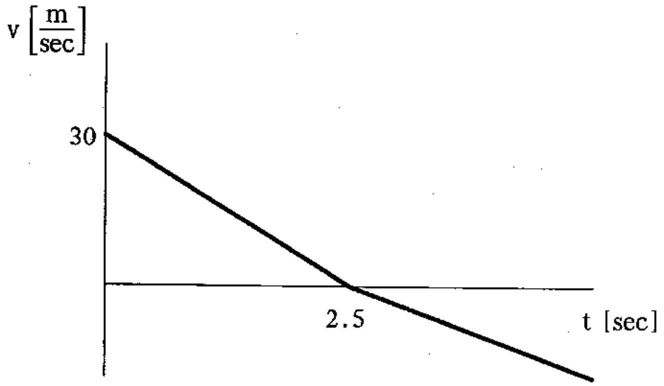
יורם אשל

מבחן מתכונת מספר 1

משך הבחינה: שעה וחצי
מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה חמש שאלות. מתוכן עליך לענות על שלוש שאלות בלבד.

לכל שאלה - $33\frac{1}{3}$ נקודות. מספר הנקודות לכל סעיף רשום בסופו.

1. גוף שמסתו 4kg נזרק כלפי מעלה. גרף המהירות שלו כפונקציה של הזמן מרגע הזריקה ועד לרגע הפגיעה בארץ מתואר בגרף הבא:



א. האם ניתן להזניח את התנגדות האוויר? הסבר/י (4 1/3 נקודות)

ב. מדוע שיפוע הגרף משתנה לאחר 2.5 sec ? (7 נקודות)

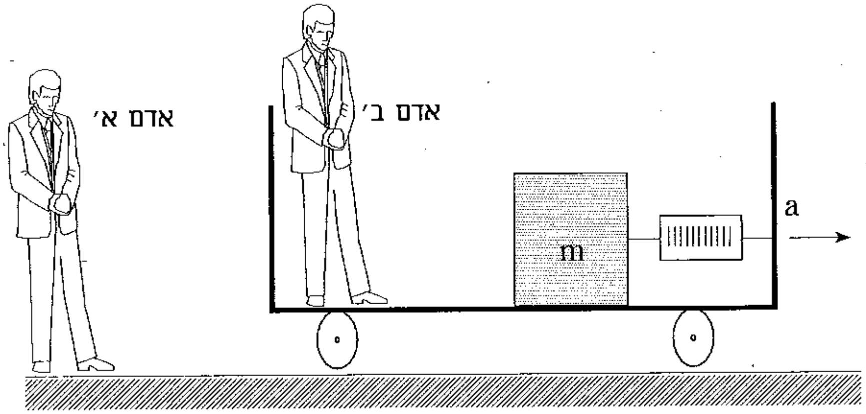
ג. מהו כוח התנגדות האוויר הפועל בזמן העליה? (7 נקודות)

ד. תוך כמה זמן מרגע הזריקה יפגע הגוף בריצפה, ובאיזו מהירות? (8 נקודות)

ה. האם האנרגיה המכנית של הגוף קבועה? הסבר/י (3 נקודות)

ו. מהו סך כל עבודת כוח התנגדות האוויר מרגע הזריקה ועד רגע החזרה לארץ? (4 נקודות)

2. על ריצפתה החלקה של קרונית מונח גוף שמסתו m. הגוף קשור דרך דינמומטר (מד כוח המודד את המתיחות בחוט) לקיר הקרונית.
הקרונית מאיצה בתאוצה קבועה a ימינה. אדם א' נמצא על הארץ ואדם ב' נמצא על הקרונית.



א. האם שני האנשים מודדים תאוצה זהה למסה m ומתיחות זהה בחוט ? הסבר (6 1/3 נקודות)

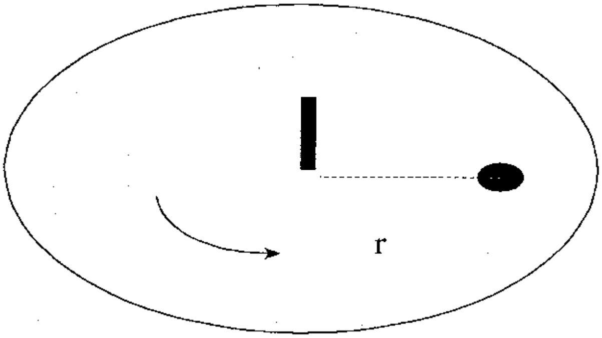
ב. מהם הכוחות הפועלים על המסה, לדעת אדם א' ולדעת אדם ב'? (8 נקודות)

ג. האם חוקי ניוטון מתקיימים לדעת אדם א' ולדעת אדם ב'? הסבר (8 נקודות)

ד. מהו הכוח שצריך אדם ב' להוסיף כדי שחוקי ניוטון יתקיימו, בכל זאת, במערכת היחוס שלו? (7 נקודות)

ה. מדוע יש הבדל בין המדידות בשתי המערכות? (3 נקודות)

3. בניסוי למדידת מקדם חיכוך סטטי שבין גוף ומשטח, מסובבים את המשטח בתדירות קבועה ושמים את הגוף במרחק המכסימלי ממרכז הסיבוב שבו הגוף עדיין במנוחה ביחס למשטח. חוזרים על המדידה במספר תדירויות שונות. מסת הגוף 5gr.



התוצאות שהתקבלו הן:

f [Hz]	r_{max} [m]
1	0.15
2	0.038
3	0.017
4	0.009
5	0.006

א. מהו הקשר המתמטי בין מקדם החיכוך הסטטי ובין רדיוס הסיבוב המכסימלי? (8 1/3 נקודות)

ב. כיצד ניתן, בעזרת הקשר המתמטי שמצאת, לבחור שני משתנים שמשיפוע הגרף של האחד כפונקציה של השני, ניתן למצוא את מקדם החיכוך הסטטי? (7 נקודות)

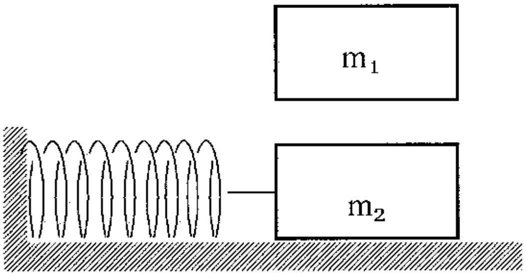
ג. הוסף/הוסיפי לטבלה טור ערכים נוסף שיקל בשרטוט הגרף ושרטט/י גרף שממנו ניתן לחשב את מקדם החיכוך הסטטי. (8 נקודות)

ד. חשב/י מן הגרף את מקדם החיכוך הסטטי. (4 נקודות)

ה. כיצד היה נראה הגרף אם המסה היתה גדולה פי שניים? (3 נקודות)

ו. כיצד היה נראה הגרף אם הניסוי היה מתבצע על הירח? (3 נקודות)

4. מסה m_1 נופלת ומתנגשת בהתנגשות פלסטית במסה שניה שמסתה m_2 הנמצאת באותו הרגע בשיא המהירות של תנועה הרמונית, כשהיא קשורה לקפיץ.



א. האם נשמר התנע הקווי של המסה m_1 בזמן נפילתה? הסבר/י (5 נקודות)

ב. האם נשמר הרכיב האופקי של התנע הקווי של מערכת שתי המסות m_1-m_2 בזמן ההתנגשות? הסבר/י (5 נקודות)

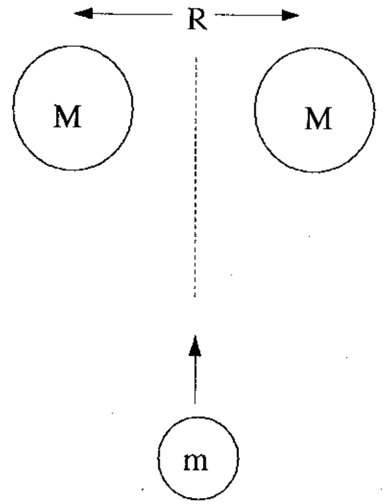
ג. האם נשמר הרכיב האנכי של התנע הקווי של מערכת שתי המסות m_1-m_2 בזמן ההתנגשות? הסבר/י (5 נקודות)

ד. האם נשמר התנע הקווי של המסה המשותפת בזמן התנועה בהשפעת הקפיץ? הסבר/י (5 נקודות)

ה. באילו קטעים של התנועה נשמרת האנרגיה המכנית הכוללת של המערכת? (8 1/3 נקודות)

ו. איזה מן התשובות לשאלות א'-ה' תשתנה אם ההתנגשות היתה בנקודה בה המסה m_2 היא במנוחה רגעית? (5 נקודות)

5. שני כוכבים שמסתם $M=10^{30}kg$ נמצאים במרחק $R=2\cdot10^{15}m$ זה מזה. אסטרואיד שמסתו $m=200kg$ נע במאונך לקו המחבר את שני הכוכבים, במרחק זהה משניהם. כאשר האסטרואיד במרחק $5R$ מכל אחד מהכוכבים וכיוונו אל נקודת שוויון הכוחות, מהירותו היא: $v=100m/sec$. הנח ששני הכוכבים נשארים קבועים במקומם.



א. הסבר/י באופן תיאורטי היכן תהיה המהירות המכסימלית של האסטרואיד? (5 נקודות)

ב. מהו גודל המהירות המכסימלית של האסטרואיד? (5 נקודות)

ג. האם האסטרואיד ינתק מהשפעת שני הכוכבים? הסבר/י (5 נקודות)

ד. מהו המרחק המכסימלי משני הכוכבים אליו יגיע האסטרואיד? (5 נקודות)

ה. אם ברגע מעבר נקודת שוויון הכוחות מתפוצץ האסטרואיד לשניים, וחלק שמסתו $50kg$ נע בכיוון המקורי של התנועה במהירות $3000m/sec$, מה יהיה המרחק המכסימלי משני הכוכבים של החלק השני? (13 1/3 נקודות)

בהצלחה!!

תשובות סופיות - מבחן מתכונת מספר 1

שאלה מספר 1

א. לא. השיפוע אינו זהה בעלייה ובירידה.
ב. שינוי כיוון כוח התנגדות האוויר.
ג. $F=8\,N$
ד. $t=3.06\,sec$ (I) $v = 24.5\,m/sec$ (II)
ה. לא. פועל כוח חיצוני - כוח התנגדות האוויר.
ו. $W_F = -600\,J$

שאלה מספר 2

א. תאוצה - לא. אדם א' מודד תאוצה a ואדם ב' לא מודד כלל תאוצה. מתיחות - כן. המתיחות זהה.
ב. שני האנשים: $mg\ ;\ N\ ;\ T$
ג. אדם א' - כן. הכוח השקול שונה מאפס והתאוצה שונה מאפס.
אדם ב' - לא. למרות ששקול הכוחות שונה מאפס התאוצה שווה לאפס.
ד. כוח מדומה שמאלה שגודלו $m \cdot a$
ה. מערכת הקרונית היא לא מערכת יחוס אינציאלית.

שאלה מספר 3

א. $\mu_S = 4 \cdot \pi^2 \cdot f^2 \cdot r_{max}/g$
ב. $r_{max} = \frac{g \cdot \mu_S}{4 \cdot \pi^2} \cdot \frac{1}{f^2}$ השיפוע הוא: $g \cdot \mu_S/4 \cdot \pi^2$
ג. לטבלה יש להוסיף את $1/f^2$.
ד. $\mu_S = 0.6$
ה. מסת הגוף לא משפיעה על השיפוע של הגרף.
ו. שיפוע הגרף גדול יותר.

שאלה מספר 4

א. לא. התנע הקווי של המסה m_1 לא נשמר.
ב. כן. הרכיב האופקי של התנע הקווי נשמר.
ג. לא. הרכיב האנכי של התנע הקווי לא נשמר.
ד. לא. הפעלת הכוח של הקפיץ גורמת לשינוי התנע הקווי של המסות

ה. האנרגיה המכנית נשמרת בשלב הנפילה של המסה m_1 עד לפגיעתה ב-m_2 ובשלב התנועה בהשפעת הקפיץ.

ו. רק התשובה לסעיף ב' תשתנה, באופן עקרוני.

שאלה מספר 5

ב. $v_{max} = 500\,m/sec$

ג. $E = \langle 0$ האסטרואיד לא יתנתק מהשפעת הכוכבים.

ד. האסטרואיד יגיע למרחק $1.6 \cdot 10^{16}\,m$ מהכוכבים.

ה. $R_{max} = 1.71 \cdot 10^{15}\,m$

תשובות מלאות - מבחן מתכונת מספר 1

1. א. לא ניתן להזניח את התנגדות האוויר מכיוון שתאוטת הגוף בזמן עלייתו גדולה מתאוצת הכובד.

הנתונים הם: $v_0 = 30\,m/sec$; $t=2.5\,sec$; $v=0$

$$v = v_0 + a \cdot t \implies a = \frac{v - v_0}{t} = \frac{0 - 30}{2.5} = -12\frac{m}{sec^2}$$

ב. כוח התנגדות האוויר הוא כוח חיכוך ולכן כיוונו הפוך לכיוון התנועה.

בזמן עליית הגוף פועל כוח התנגדות האוויר באותו הכיוון שפועל המשקל (מטה) ולכן הכוח השקול הוא סכום הכוחות.

(הכיוון החיובי כלפי מעלה) $\Sigma F = -(mg + F)$

בזמן ירידת הגוף פועל כוח התנגדות האוויר מעלה, בכיוון הפוך לכיוון שפועל המשקל ולכן הכוח השקול הוא הפרש הכוחות.

(הכיוון החיובי כלפי מעלה) $\Sigma F = -(mg - F)$

תאוצת הגוף בירידה קטנה לכן מתאוטת הגוף בעלייה.

(ניתן, לצורכי חישוב, לשנות את כיוון הפיתרון בשיא הגובה, ובזמן שהגוף יורד לבחור את הכיוון החיובי כלפי מטה, אבל בגרף המתאר בו זמנית גם את העלייה וגם את הירידה הכיוון חייב להישמר לכל התנועה)

ג. בעלייה:

$$-(mg + F) = m \cdot a$$

$$F = -m \cdot (g + a) = -4 \cdot [10 + (-12)] = 8\,N$$

ד. כדי לדעת מהיכן התחילה התנועה כלפי מטה, נחשב את שיא הגובה של התנועה.

הנתונים הם: $v_0 = 30\,m/sec$; $t=2.5\,sec$; $v=0$

$$\Delta x = \frac{v_0 + v}{2} \cdot t = \frac{30 + 0}{2} \cdot 2.5 = 37.5\,m$$

תאוצת הגוף בזמן הירידה היא (נבחר עכשיו את הכיוון החיובי כלפי מטה:

$$\Sigma F = m \cdot a \quad \Longrightarrow \quad m \cdot g - F = m \cdot a$$

$$a = g - \frac{F}{m} = 10 - \frac{8}{4} = 8\,\frac{m}{sec^2}$$

(I) נחשב את זמן התנועה מטה.

הנתונים הם: $v_0 = 0\ ;\ \Delta x = 37.5\,m\ ;\ a = 8\,m/sec^2$

$$\Delta x = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 \overset{(v_0=0)}{\Longrightarrow} t = \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta x}{a}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 37.5}{8}} = 3.06\,sec$$

(II) נחשב את המהירות ברגע הפגיעה.

הנתונים הם: $v_0 = 0\ ;\ \Delta x = 37.5\,m\ ;\ a = 8\,m/sec^2$

$$v^2 = v_0^2 + 2 \cdot a \cdot \Delta x \quad \Longrightarrow \quad v = \sqrt{0^2 + 2 \cdot 8 \cdot 37.5} = 24.5\,\frac{m}{sec}$$

ה. האנרגיה של הגוף אינה קבועה מכיוון שפועל על הגוף כוח חיצוני של התנגדות האוויר המקטין את האנרגיה המכנית של הגוף.

ו. עבודת כוח התנגדות האוויר שווה לשינוי האנרגיה של הגוף. מכיוון שברגע הזריקה כלפי מעלה וברגע החזרה ארצה האנרגיה היא רק קינטית:

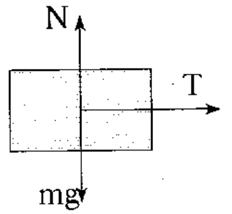
$$W_F = \Delta E_K = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_2^2 - \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_1^2 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot \left[v_2^2 - v_1^2\right]$$

$$W_F = \frac{1}{2} \cdot 4 \cdot \left[24.5^2 - 30^2\right] = -600\,J$$

עבודת הכוח היא שלילית כי היא בכיוון הפוך לכיוון התנועה והיא מקטינה את האנרגיה של הגוף.

2. א. לא. אדם א' מודד תאוצה a ואדם ב' אינו מודד כלל תאוצה כי הוא נע יחד עם המסה.

ב. כן. המתיחות בחוט היא ערך הנקרא בדינמומטר והיא זהה בשתי מערכות היחוס.

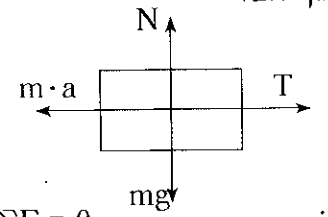


ג. הכוחות הם המשקל (mg)
הכוח הנורמלי (N)
המתיחות בחוט (T)

ד. הכוחות שרואה אדם ב' הם אותם הכוחות בדיוק.

ה. כן. על פי אדם א' שקול הכוחות שונה מאפס ויש תאוצה.

ו. לא. על פי אדם ב' שקול הכוחות בציר x שונה מאפס (הוא שווה למתיחות T) אבל התאוצה של הגוף שווה לאפס, ולכן החוק הראשון והחוק השני של ניוטון לא מתקיימים.
על האדם להוסיף כוח מדומה כלפי שמאל השווה ל- $m \cdot a$
במצב החדש הכוחות הפועלים על הגוף הם:



החוק הראשון של ניוטון יראה עכשיו:

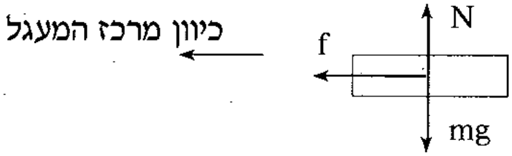
$$\Sigma F = 0$$
$$T - m \cdot a = 0$$

אם נעביר את הכוח המדומה אגף, נקבל את החוק השני כפי שמתואר על ידי אדם א':

$$\Sigma F = m \cdot a$$
$$T = m \cdot a$$

ז. מערכת הקרונית היא מערכת לא אינרציאלית. אדם ב' הנמצא במערכת זו צריך להוסיף כוח מדומה כדי לקיים את חוקי ניוטון.
מערכת הארץ היא מערכת אינרציאלית. אדם א' הנמצא במערכת זו רואה תמיד מצבים המקיימים את חוקי ניוטון.

3. א. הכוחות הפועלים על הגוף הם:



כוח החיכוך הוא הכח הפועל כלפי מרכז המעגל וגורם לסיבוב הגוף.

כוח החיכוך הסטטי המקסימלי הוא הכוח הגורם לתנועה הסיבובית ברדיוס המכסימלי: $\Sigma F_R = m \cdot \omega^2 \cdot R$

$$f_{S\,max} = \mu_S \cdot N = \mu_S \cdot mg = m \cdot (2 \cdot \pi \cdot f)^2 \cdot r_{max}$$

$$\mu_S = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot f^2 \cdot r_{max}}{g}$$

ב. אם נבודד את r_{max} נקבל: $r_{max} = \frac{g \cdot \mu_S}{4 \cdot \pi^2} \cdot \frac{1}{f^2}$

גרף של r_{max} כפונקציה של $\frac{1}{f^2}$ יהיה גרף ישר ששיפועו הוא:

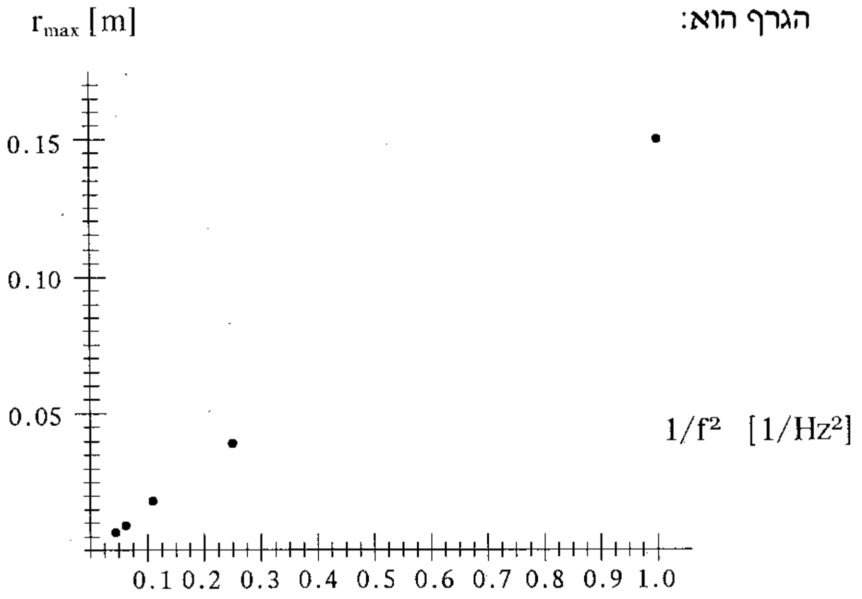
$$\frac{g \cdot \mu_S}{4 \cdot \pi^2}$$

מחישוב השיפוע ניתן למצוא את מקדם החיכוך הסטטי.

ג. לטבלה יש להוסיף את $1/f^2$:

$1/f^2$	f	r_{max}
1	1	0.15
0.25	2	0.038
0.11	3	0.017
0.0625	4	0.009
0.04	5	0.006

הגרף הוא:



ד. לחישוב השיפוע, בעבודת מעבדה רגילה נלקחות שתי נקודות על הגרף. במקרה שלנו נשתמש בשתי נקודות ניסוי:

השיפוע הוא: $a = \frac{0.15 - 0.006}{1 - 0.04} = 0.15$

מכיוון שהשיפוע הוא: $a = \frac{g \cdot \mu_S}{4 \cdot \pi^2}$

מקדם החיכוך הסטטי הוא: $\mu_S = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot a}{g} = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot 0.15}{9.8} = 0.6$

ה. מסת הגוף לא משפיעה על השיפוע של הגרף.

ו. אם הניסוי היה נערך על הירח, שיפוע הגרף היה קטן יותר כי תאוצת הכובד על הירח קטנה יותר.

4. א. לא. התנע הקווי של המסה m_1 לא נשמר כי פועל עליה כוח חיצוני שהוא המשקל שלה.

ב. כן. הרכיב האופקי של התנע הקווי נשמר באופן רגעי ברגע ההתנגשות, כי לא פועל כוח בכיוון האופקי (נקודת שיווי המשקל)

ג. לא. הרכיב האנכי לא נשמר כי פועל כוח חיצוני על ידי הריצפה הגורם לרכיב האנכי של התנע הקווי להתאפס.

ד. לא. הפעלת הכוח של הקפיץ גורמת לשינוי התנע הקווי של המסות. ומהירותן משתנה עד לעצירה מוחלטת.

ה. האנרגיה המכנית נשמרת בשלב הנפילה של המסה m_1 עד לפגיעתה ב-m_2 (אנרגיה פוטנציאלית כובדית הופכת לאנרגיה קינטית) ובשלב התנועה בהשפעת הקפיץ (אנרגיה קינטית הופכת לאנרגיה פוטנציאלית אלסטית).

ו. רק התשובה לסעיף ב' תשתנה, באופן עקרוני. אמנם, התנע הקווי היה אפס לפני פגיעת המסה m_1 וישאר אפס גם לאחר הפגיעה (בהנחה שזמן הפגיעה הוא אפסי ומתרחש בדיוק כשמהירות המסה m_2 שווה לאפס) אבל מכיוון שבנקודה הקיצונית קיים כוח של הקפיץ אז למרות שהתנע הקווי מיד לאחר ההתנגשות שווה לאפס, חשוב לציין שהשינוי הרגעי של התנע בנקודה שווה לכוח הקפיץ (הכוח הוא נגזרת התנע הקווי לפי הזמן).

5. א. המהירות המכסימלית היא בנקודת שוויון הכוחות, כי בנקודה זו האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית היא מינימלית.

ב.

$$-\frac{G\cdot M\cdot m}{5R}+-\frac{G\cdot M\cdot m}{5R}+\frac{1}{2}\cdot m\cdot v^2=-\frac{G\cdot M\cdot m}{R/2}+-\frac{G\cdot M\cdot m}{R/2}+\frac{1}{2}\cdot m\cdot v_{max}^2$$

$$v_{max}=\sqrt{v^2+\frac{2\cdot G\cdot M}{R}\cdot(2+2-0.2-0.2)}$$

$$v_{max}=\sqrt{100^2+\frac{2\cdot 6.67\cdot 10^{-11}\cdot 10^{30}}{2\cdot 10^{15}}\cdot 3.6}=500\,\frac{m}{sec}$$

ג. האסטרואיד יתנתק מהשפעת הכוכבים אם האנרגיה הכללית שלו חיובית. נחשב את האנרגיה בנקודה הראשונה הנתונה:

$$E=-\frac{2\cdot G\cdot M\cdot m}{5R}+\frac{1}{2}\cdot m\cdot v^2=-\frac{2\cdot 6.67\cdot 10^{-11}\cdot 10^{30}\cdot 200}{5\cdot 2\cdot 10^{15}}+\frac{1}{2}\cdot 200\cdot 100^2$$

$$E=-1.67\cdot 10^6\,m<0$$

האסטרואיד לא יתנתק מהשפעת הכוכבים.

ד.

$$-\frac{G\cdot M\cdot m}{5R}+-\frac{G\cdot M\cdot m}{5R}+\frac{1}{2}\cdot m\cdot v^2=-\frac{G\cdot M\cdot m}{X}+-\frac{G\cdot M\cdot m}{X}$$

$$-\frac{2\cdot G\cdot M}{5R}+\frac{1}{2}\cdot v^2=-\frac{2\cdot G\cdot M}{X}$$

$$\frac{v^2\cdot 5R-4\cdot G\cdot M}{5R}=-\frac{4\cdot G\cdot M}{X}$$

$$X=\frac{20\cdot G\cdot M\cdot R}{4\cdot G\cdot M-v^2\cdot 5\cdot R}$$

$$X=\frac{20\cdot 6.67\cdot 10^{-11}\cdot 10^{30}\cdot 2\cdot 10^{15}}{4\cdot 6.67\cdot 10^{-11}\cdot 10^{30}-100^2\cdot 5\cdot 2\cdot 10^{15}}=1.6\cdot 10^{16}\text{ m}$$

ה. ברגע מעבר נקודת שוויון הכוחות המהירות של האסטרואיד, לפני הפיצוץ, היא 700 m/sec. נחשב את המהירות של החלק של 150 kg לאחר הפיצוץ, בעזרת חוק שימור התנע:

$$(m_1+m_2)\cdot v=m_1\cdot u_1+m_2\cdot u_2$$

$$u_2 = \frac{(m_1 + m_2) \cdot v - m_1 \cdot u_1}{m_2} = \frac{(50+150) \cdot 500 - 50 \cdot 3000}{150} = -333 \frac{m}{sec}$$

המרחק המכסימלי משני הכוכבים הוא כאשר המהירות מתאפסת:

$$-\frac{G \cdot M \cdot m}{R_{max}} + -\frac{G \cdot M \cdot m}{R_{max}} = -\frac{G \cdot M \cdot m}{R/2} + -\frac{G \cdot M \cdot m}{R/2} + \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_{max}^2$$

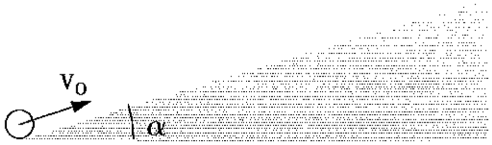
$$R_{max} = \frac{4 \cdot G \cdot M}{\left(\frac{8 \cdot G \cdot M}{R} - v^2\right)} = \frac{4 \cdot 6.67 \cdot 10^{-11} \cdot 10^{30}}{\left(\frac{8 \cdot 6.67 \cdot 10^{-11} \cdot 10^{30}}{2 \cdot 10^{15}} - 333^2\right)} = 1.71 \cdot 10^{15} m$$

מבחן מתכונת מספר 2

משך הבחינה: שעה וחצי
מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה חמש שאלות. מתוכן עליך לענות על שלוש שאלות בלבד.

לכל שאלה - $33\frac{1}{3}$ נקודות. מספר הנקודות לכל סעיף רשום בסופו.

1. גוף שמסתו m נזרק במהירות v_0 במעלה מישור משופע חלק שזוויתו θ.



א. מצא/י ביטוי למהירות הגוף (v) כפונקציה של הזמן. (7 נקודות)

ב. מצא/י ביטוי לגובה אותו עולה הגוף (h) כפונקציה של הזמן. (8 נקודות)

ג. (I) מצא/י ביטוי התלוי במהירות הגוף (v) ובגובה שלו (h) שאינו משתנה בזמן. (7 נקודות)

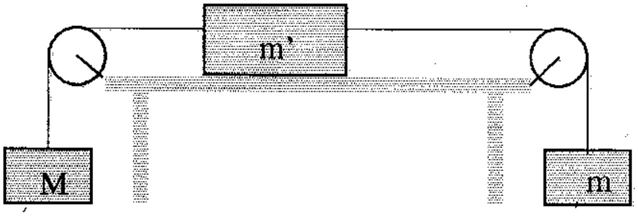
(II) מהי המשמעות הפיסיקאלית של ביטוי זה? (3 נקודות)

ד. שרטט/י גרף איכותי, כפונקציה של הזמן, מרגע הזריקה ועד לשיא הגובה, ובו כלולים:
(I) האנרגיה הפוטנציאלית של הגוף (3 נקודות)

(II) האנרגיה הקינטית של הגוף (3 נקודות)

(III) האנרגיה הכללית של הגוף (2 1/3 נקודות)

2. נתונה מערכת של שלוש מסות המחוברות בעזרת חוטים שמסתם זניחה. אחת המסות ('m) מונחת על משטח חלק. המסה השמאלית גדולה מהמסה הימנית פי שניים. כל הגלגלות חסרות מסה והתנגדותן זניחה.



א. איזה משני החוטים הוא בעל המתיחות הגדולה יותר? הסבר/י (6 1/3 נקודות)

ב. ככל שהמסה m קטנה יותר, האם תאוצת המערכת גדלה או קטנה? הסבר/י (7 נקודות) /המסה M נשארת קבועה

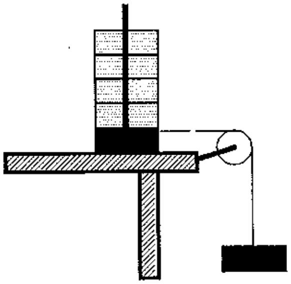
ג. ככל שהמסה m קטנה יותר, האם המתיחות בחוט השמאלי גדלה או קטנה? הסבר/י (7 נקודות)

ד. ככל שהמסה m קטנה יותר, האם המתיחות בחוט הימני גדלה או קטנה? הסבר/י (7 נקודות)

ה. אם המערכת בתנועה ימינה וניתק מן המסה M חלק קטן ΔM ($m>\Delta m$) מי יעצר קודם המסה m או חלק המסה ΔM? הסבר/י (6 נקודות)

3. בניסוי למציאת מקדם החיכוך הקינטי בין גוף ובין המשטח עליו הוא עומד, הוצבה מסה של 1kg על משטח אופקי, וחוברה אליה דרך גלגלת, מסה שניה של 1kg. על המסה המונחת על המשטח האופקי הושחלו דרך מוט, עוד ארבע משקולות של 1kg הניתנות להוצאה.

נמדדה תאוצת המערכת, כאשר בכל פעם מוציאים משקולת מן המסה המונחת על המשטח.



התקבלו התוצאות הבאות:

m_1 [kg]	$a\left[\frac{m}{sec^2}\right]$
1	4
2	2
3	1
4	0.4
5	0

א. מצא/י קשר מתמטי בין התאוצה a ובין מקדם החיכוך. (5 1/3 נקודות)

ב. הוסף/הוסיפי טורים נוספים לטבלה שיקלו בשרטוט גרף לינארי. (3 נקודות)

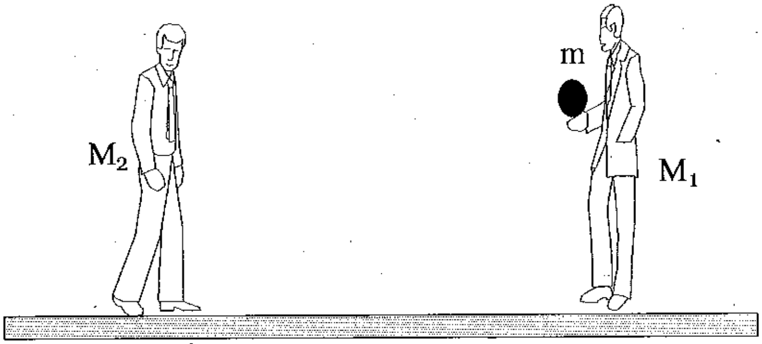
ג. מצא/י משיפוע הגרף את מקדם החיכוך. (8 נקודות)

ד. מהי המשמעות של נקודת החיתוך עם ציר Y? (7 נקודות)

ה. כיצד היה נראה הגרף אם ניסוי זהה היה נעשה על הירח? (5 נקודות)

ו. מהן הסיבות היכולות לפגוע בהצלחת הניסוי? (5 נקודות)

4. אדם שמסתו M_1 והמחזיק בידו כדור שמסתו m עומד על משטח חלק וחסר חיכוך לחלוטין. במרחק מה ממנו עומד אדם שני שמסתו M_2 . האדם זורק את הכדור במהירות v לכיוון האדם השני, התופס את הכדור. הנח/י שתנועת הכדור היא אופקית.



א. האם נשמר התנע של הכדור בזמן זריקתו? <u>הסבר/י</u> (3 1/3 נקודות)

ב. האם נשמר התנע הכולל בזמן זריקת הכדור ובזמן תפיסת הכדור? <u>הסבר/י</u> (8 נקודות)

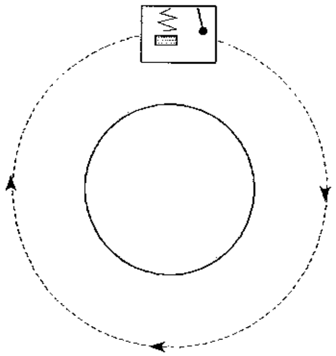
ג. כיצד נראה גרף מהירות מרכז המסה של המערכת כפונקציה של הזמן? (8 נקודות)

ד. תאר/י את גילגולי האנרגיה מרגע זריקת הכדור ועד לרגע תפיסתו. (8 נקודות)

ה. מהי כמות האנרגיה המכנית שנוצרה בזריקה, ומהי כמות האנרגיה המכנית שאבדה בתפיסה? (6 נקודות)?

5. א. מדוע נוצר מצב של "חוסר משקל" בתוך לווין המקיף את הארץ? (10 נקודות)

ב. בתוך לווין כזה תולים מן התקרה קפיץ אנכי של 200 N/m ועליו מסה של 1 kg. מסיטים את המסה 2 cm מטה מנקודת שיווי המשקל ועוזבים.



(1) כמה מתוח הקפיץ בנקודת שיווי המשקל? (7 נקודות)

(2) מהו זמן המחזור של התנועה? (5 נקודות)

ג. על חוט שאורכו 1 m תולים מסה של 1 kg. מהו זמן המחזור המתקבל? (7 נקודות)

ד. מדוע יש הבדל מהותי בתשובות לשני המיקרים בסעיפים ב' ו- ג'? (4 1/3 נקודות)

בהצלחה!!!

תשובות סופיות – מבחן מתכונת מספר 2

שאלה מספר 1

א. $v = v_0 - g \cdot \sin(\alpha) \cdot t$

ב. $h = v_0 \cdot t \cdot \sin(\alpha) - \dfrac{g \cdot \sin^2(\alpha) \cdot t^2}{2}$

ג. (I) $g \cdot h + \dfrac{v^2}{2}$ (II) האנרגיה של יחידת מסה

שאלה מספר 2

א. המתיחות בחוט השמאלי גדולה מהמתיחות בחוט הימני.
ב. התאוצה של המערכת גדלה.
ג. המתיחות בחוט השמאלי קטנה.
ד. המתיחות בחוט הימני קטנה.
ה. המסה Δm תיעצר ראשונה.

שאלה מספר 3

א. $m \cdot g - \mu \cdot m_1 \cdot g = (m_1 + m) \cdot a$

ב. נוסיף לטבלה את המכפלה $(m_1 + m) \cdot a$ (יש אפשרויות אחרות)

ג. $\mu = 0.2$

ד. כוח החיכוך שווה לכוח המושך והמערכת נעה במהירות קבועה.

ה. השיפוע היה קטן יותר, אבל מקדם החיכוך שהיה מתקבל היה זהה.

ו. חיכוך של הגלגלת עם החוט, טעויות במדידת התאוצה, תנודות של המסה התלויה בזמן ירידתה.

שאלה מספר 4

א. לא

ב. כן, בשני המקרים.

ג. מהירות מרכז המסה נשארת אפס כל התנועה.

ד. אנרגית שרירים הופכת לאנרגיה קינטית והופכת בחלקה לחום.

ה. $\Delta E = \dfrac{1}{2} \cdot \left[m + \dfrac{m^2}{M_1}\right] \cdot v^2$ $\quad \Delta E = \dfrac{1}{2} \cdot \left[m - \dfrac{m^2}{m+M_2}\right] \cdot v^2$

שאלה מספר 5

א. אין תאוצה יחסית

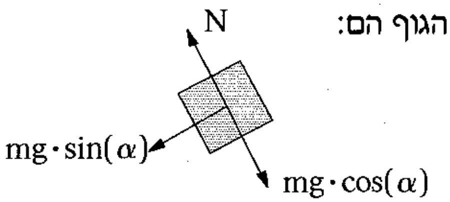
ב. $T = 0.44\ sec \quad ; \quad x_0=0$

ג. $T = \infty$

ד. כוח הקפיץ אינו תלוי במשקל

תשובות מלאות - מבחן מתכונת מספר 2

1. א. הכוחות הפועלים על הגוף הם:



אם ניקח את הכיוון החיובי בכיוון התנועה נקבל: $\Sigma F = m \cdot a$

$$-m \cdot g \cdot \sin(\alpha) = m \cdot a \quad \Longrightarrow \quad a = -g \cdot \sin(\alpha)$$

התאוצה היא תאוצה קבועה (הזווית קבועה) ולכן:

$$v = v_0 + a \cdot t = v_0 - g \cdot \sin(\alpha) \cdot t$$

ב. הביטוי להעתק הוא:

$$\Delta x = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 = v_0 \cdot t - \frac{g \cdot \sin(\alpha) \cdot t^2}{2}$$

הגובה קשור להעתק בביטוי: $\frac{h}{\Delta x} = \sin(\alpha)$ ולכן הביטוי לגובה כפונקציה של הזמן הוא:

$$h = v_0 \cdot t \cdot \sin(\alpha) - \frac{g \cdot \sin^2(\alpha) \cdot t^2}{2}$$

ג. (I) הביטוי שאינו תלוי בזמן הוא: $m \cdot g \cdot h + \frac{m \cdot v^2}{2}$.

נוכיח זאת:

$$m \cdot g \cdot \left[v_0 \cdot t \cdot \sin(\alpha) - \frac{g \cdot \sin^2(\alpha) \cdot t^2}{2}\right] + \frac{m \cdot [v_0 - g \cdot \sin(\alpha) \cdot t]^2}{2} =$$

$$= m \cdot g \cdot v_0 \cdot t \cdot \sin(\alpha) - \frac{m \cdot g^2 \cdot \sin^2(\alpha) \cdot t^2}{2} + \frac{m \cdot v_0^2}{2} - m \cdot g \cdot v_0 \cdot t \cdot \sin(\alpha) + \frac{m \cdot g^2 \cdot \sin^2(\alpha) \cdot t^2}{2}$$

$$= \frac{m \cdot v_0^2}{2}$$

(II) הביטוי הוא האנרגיה הכוללת.

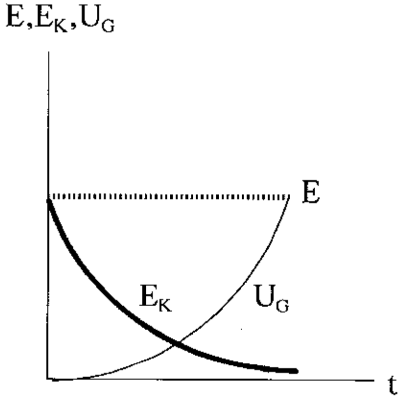
ד. האנרגיה הכללית של הגוף קבועה לאורך כל התנועה.
האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית תלויה רק בגובה של הגוף ולכן הביטוי המתמטי שלה הוא:

$$U_G = m \cdot g \cdot h = m \cdot g \cdot \left[v_0 \cdot t \cdot \sin(\alpha) - \frac{g \cdot \sin^2(\alpha) \cdot t^2}{2} \right]$$

האנרגיה הקינטית היא ההפרש בין האנרגיה הכללית והאנרגיה הפוטנציאלית הכובדית:

$$E_K = E - U_G = \frac{v_0^2}{2} - m \cdot g \cdot \left[v_0 \cdot t \cdot \sin(\alpha) - \frac{g \cdot \sin^2(\alpha) \cdot t^2}{2} \right]$$

הגרף הוא:



2. א. המסה m והמסה של M מפעילות, כל אחת בכיוון הפוך לשניה, כוח חיצוני הגורם לתאוצת המערכת. המסה m קטנה מ-M ולכן תהיה למערכת תאוצה שמאלה.
לפי שקול הכוחות על המסה האמצעית: $\Sigma F = T_L - T_R = m' \cdot a$

המתיחות בחוט השמאלי גדולה מהמתיחות בחוט הימני.

ב. נסתכל על כל המערכת כגוף אחד הנע כולו באותה התאוצה בהשפעת הכוחות החיצוניים על המערכת:

$$\Sigma F = (\Sigma m) \cdot a$$

$$M \cdot g - m \cdot g = (M + m' + m) \cdot a$$

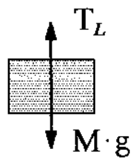
$$a = \frac{M \cdot g - m \cdot g}{M + m' + m}$$

ככל שהמסה m קטנה יותר המונה גדל והמכנה קטן, כך שהתאוצה של המערכת גדלה.

ג. נסתכל על המסה השמאלית:

$$\Sigma F = m \cdot a$$

$$M \cdot g - T_L = M \cdot a$$
$$T_L = M \cdot g - M \cdot a$$



ראינו שככל שהמסה m קטנה כך התאוצה גדלה. ככל שהתאוצה גדלה המתיחות בחוט השמאלי קטנה.

ד. לגבי המסה האמצעית:

$$\Sigma F = m' \cdot a$$
$$T_L - T_R = m' \cdot a$$
$$T_R = T_L - m' \cdot a$$

גם המתיחות בחוט השמאלי קטנה וגם התאוצה גדלה כך שהמתיחות בחוט הימני קטנה.

ה. חלק המסה Δm נעצר בהשפעת תאוצת הכובד g. מערכת המסות נעצרת בהשפעת תאוטה הקטנה מתאוטת הכובד. המהירות ההתחלתית של Δm ושל מערכת המסות היא זהה ולכן המסה Δm תיעצר ראשונה.

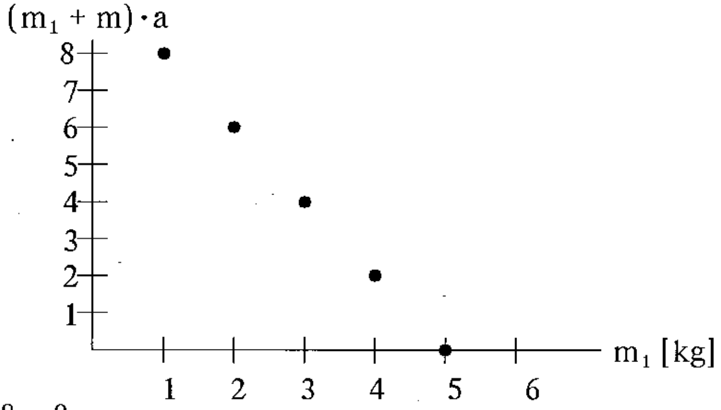
3. א. אם נסתכל על כל המערכת כגוף אחד, תאוצת המערכת היא:

$\Sigma F = (\Sigma m) \cdot a$

$m \cdot g - \mu \cdot m_1 \cdot g = (m_1 + m) \cdot a$

ב. נוסיף לטבלה את המכפלה $(m_1 + m) \cdot a$ ונשרטט אותה כפונקציה של m_1.

m_1 [kg]	$a \left[\frac{m}{sec^2}\right]$	$(m_1 + m) \cdot a \left[\frac{kg \cdot m}{sec^2}\right]$
1	4	8
2	2	6
3	1	4
4	0.4	2
5	0	0



שיפוע הקו הוא: $-\mu \cdot g = \frac{8 - 0}{1 - 5}$

ולכן: $\mu = 0.2$

ד. נקודת החיתוך עם ציר Y היא כאשר כוח החיכוך שווה לכוח המושך והמערכת נעה במהירות קבועה.

ה. אם הניסוי היה נערך על הירח השיפוע היה קטן יותר כי תאוצת הכובד שם קטנה יותר, אבל מקדם החיכוך שהיה מתקבל היה זהה.

ו. הסיבות היכולות לפגוע במהלך הניסוי הם חיכוך של הגלגלת עם החוט, טעויות במדידת התאוצה, תנודות של המסה התלויה בזמן ירידתה.

4. א. לא. התנע של הכדור לא נשמר בזמן זריקתו. לפני הזריקה התנע של הכדור שווה לאפס, ולאחר הזריקה יש לכדור מהירות ולכן התנע שלו גדול מאפס.

ב. כן. התנע הכולל נשמר בזמן זריקת הכדור כי הכוחות הפועלים בין הזורק והכדור הם כוחות פנימיים.

כן. התנע הכולל נשמר בזמן תפישת הכדור כי הכוחות הפועלים בין התופש והכדור הם כוחות פנימיים.

ג. מהירות מרכז המסה אינה משתנה במהלך התנועה כי לא פועלים על המערכת כוחות חיצוניים. מכיוון שמהירות מרכז המסה היתה אפס לפני זריקת הכדור היא תישאר אפס במהלך כל התנועה.

ד. אנרגיה האגורה בשרירי האדם הופכת לאנרגיה קינטית בזמן זריקת הכדור. בעת תפיסת הכדור האנרגיה הופכת בחלקה לחום חיצוני, חלקה לחום בשרירים.

ה. כדי לחשב את כמות האנרגיה שנוצרה בזריקה נחשב את מהירות האדם לאחר הזריקה:

$$m \cdot v + M_1 \cdot U = 0 \quad \Longrightarrow \quad U = -\frac{m}{M_1} \cdot v$$

האנרגיה שנוצרה היא:

$$\Delta E = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 + \frac{1}{2} \cdot M_1 \cdot U^2$$

$$\Delta E = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 + \frac{1}{2} \cdot M_1 \cdot \left[-\frac{m}{M_1} \cdot v\right]^2 = \frac{1}{2} \cdot \left[m + \frac{m^2}{M_1}\right] \cdot v^2$$

כדי לחשב את כמות האנרגיה שאבדה בתפישה נחשב את מהירות האדם לאחר התפישה:

$$m \cdot v = (m + M_2) \cdot U' \quad \Longrightarrow \quad U' = \frac{m \cdot v}{m + M_2}$$

האנרגיה שאבדה היא:

$$\Delta E = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 - \frac{1}{2} \cdot (m + M_2) \cdot U'^2 = \frac{1}{2} \cdot \left[m - \frac{m^2}{m + M_2}\right] \cdot v^2$$

5. א. הלווין וכל מה שבתוכו נעים בתנועה מעגלית עקב משיכת כדור הארץ.
תאוצת הלווין אינה תלויה במסתו:

$$a = \frac{\Sigma F}{m} = \frac{G\frac{Mm}{R^2}}{m} = G\frac{M}{R^2}$$

ולכן גם הלווין עצמו וגם החפצים שבתוכו (שהם בעצם לווינים בעצמם), נעים באותה התאוצה. משום כך התאוצה היחסית בין הגופים היא אפס והם "עומדים באוויר".

ב. הקפיץ לא ימתח בנקודת שיווי המשקל מכיוון שאין משקל $m \cdot g$.
זמן המחזור של התנועה הוא כמו זמן המחזור של קפיץ אופקי על פני כדור הארץ.

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}} = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{1}{200}} = 0.44 \text{ sec}$$

ג. לא תהיה תנועה למטוטלת והיא תישאר בדיוק היכן שישאירו אותה.

ד. ההבדל בין שתי התופעות הוא שהכח המניע בקפיץ הוא מתיחותו, ובמטוטלת זהו משקל המסה שאינו קיים בלווין.

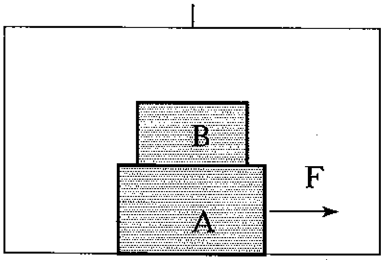
מבחן מתכונת מספר 3

משך הבחינה: שעה וחצי

מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה חמש שאלות. מתוכן עליך לענות על שלוש שאלות בלבד.

לכל שאלה - $33\frac{1}{3}$ נקודות. מספר הנקודות לכל סעיף רשום בסופו.

1. שתי מסות מונחות זו על גבי זו ושתיהן מונחות בתוך מעלית. רצפת המעלית חלקה ובין שתי המסות יש חיכוך. מקדם החיכוך הוא μ_S



א. מהם כל הכוחות הפועלים על כל אחת מהמסות כאשר המעלית במנוחה? (5 1/3 נקודות)

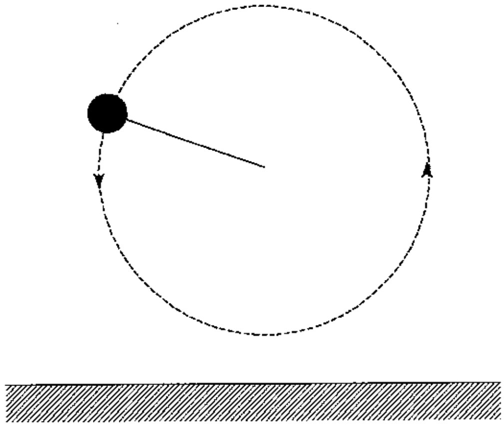
ב. איזה כוחות הפועלים על המסה A שווים לכוחות הפועלים על המסה B, בגלל החוק השלישי של ניוטון? (5 נקודות)

ג. איזה שיוויון בין כוחות הפועלים על המסה A לכוחות הפועלים על המסה B, מתקיים בגלל החוק הראשון של ניוטון? (5 נקודות)

ד. מהו הכוח הפועל בין הגופים בכל אחד מהמצבים הבאים:
(I) המעלית במנוחה ? (3 נקודות)
(II) המעלית עולה במהירות קבועה של v ? (3 נקודות)
(III) המעלית עולה בתאוצה קבועה של a? (3 נקודות)

ה. מהו הכוח האופקי המכסימלי שיפעל על גוף A ושיגרום לתנועה משותפת של שתי המסות בכל אחד מהמצבים המתוארים בסעיף ד'? (9 נקודות)

2. כדור שמסתו m נע במעגל אנכי כשהוא קשור בחוט.



א. האם האנרגיה המכנית של הכדור נשארת קבועה במהלך התנועה? הסבר/י (5 1/3 נקודות)

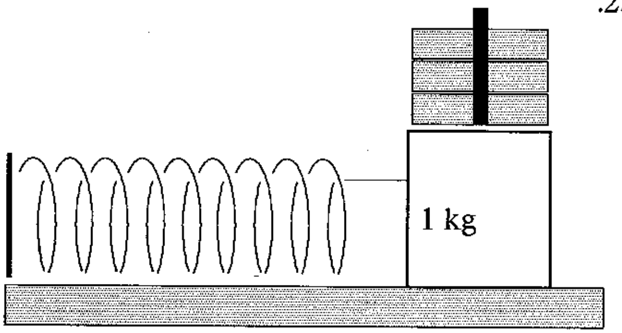
ב. מהם הכוחות הפועלים על הכדור המבצעים עבודה? (8 נקודות)

ג. מהם הכוחות הפועלים על הכדור שאינם מבצעים עבודה? (7 נקודות)

ד. כיצד, למרות שיש כוחות המבצעים עבודה על הגוף, אנחנו משתמשים בחוק שימור האנרגיה המכנית למציאת המהירות של הגוף? (7 נקודות)

ה. האם התנע הקווי של הגוף קבוע? אם כן, מדוע? אם לא, מהם הכוחות הגורמים לשינוי התנע הקווי? (6 נקודות)

3. גוף שמסתו 1 kg מחובר לקפיץ ונע בתנועה הרמונית פשוטה על משטח חלק. למסה זו ניתן להוסיף דסקיות שמסת כל אחת מהן 250 gr.



נמדד זמן של עשרה מחזורים במספר מסות שונות:

t [sec]	m [kg]
8.89	1
9.93	1.25
10.88	1.5
11.75	1.75
12.57	2

א. מהו הקשר המתמטי בין שני הנתונים שבטבלה? (7 נקודות)

ב. איזה גרף לינארי ניתן לשרטט מן הנתונים? (5 נקודות)

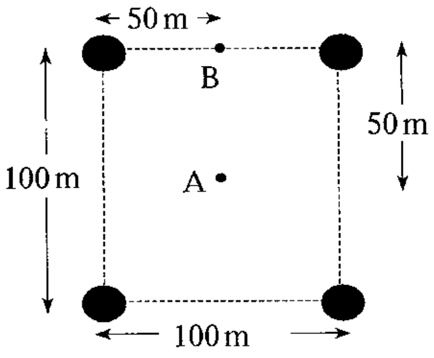
ג. הוסף/י טור לטבלה להקלת שרטוט גרף לינארי ושרטט/י גרף לינארי ומצא/י ממנו את קבוע הקפיץ. (5 1/3 נקודות)

ד. האם צריך להקפיד שמשרעת התנועה תהיה זהה בכל אחת מהמדידות? הסבר/י (5 נקודות)

ה. כיצד היה נראה הגרף אם היה נעשה על הירח? (5 נקודות)

ו. מנה/י שלושה גורמים היכולים להשפיע על התוצאות של הניסוי? (6 נקודות)

4. בארבע מפינותיו של ריבוע שאורך צלעו 100 m מונחות מסות זהות של 10^5kg. נקודה A היא במרכז הריבוע. נקודה B היא במרכז הצלע העליונה.
נגדיר **פוטנציאל כבידה** ככמות העבודה הדרושה להביא יחידת מסה לנקודה.
נגדיר **שדה כבידה** ככוח הפועל על יחידת מסה המוצבת בנקודה.



א. מהו פוטנציאל הכבידה במרכז הריבוע (A)? (4 1/3 נקודות)

ב. מהו פוטנציאל הכבידה בנקודה B? (4 נקודות)

ג. מהו שדה הכבידה בנקודה A (גודל וכיוון)? (4 נקודות)

ד. מהו שדה הכבידה בנקודה B (גודל וכיוון)? (4 נקודות)

ה. מהי כמות העבודה הדרושה להבאת מסה של 100 kg מן הנקודה B לנקודה A? (5 נקודות)

ו. באיזו מהירות יש לשחרר מסה של 100 kg בנקודה A כדי שהיא תגיע לנקודה B ותיעצר שם? (6 נקודות)

ז. מהי המהירות שיש לתת למסה בנקודה A כדי שתצא מהשפעת מערכת המסות? (6 נקודות)

5. שני כדורים שמסתם m נעים זה לעומת זה על אותו קו ישר במהירות זהה v, ומתנגשים בהתנגשות בה אובדת מחצית מן האנרגיה הקינטית.

א. מהי מהירות כל אחד מהכדורים לאחר ההתנגשות? (4 1/3 נקודות)

ב. האם הגופים נעים יחד לאחר ההתנגשות? הסבר/י (5 נקודות)

ג. שרטט/י גרף איכותי של התנע של כל אחד מהגופים ושל התנע הכללי מזמן t לפני ההתנגשות ועד לזמן t אחרי ההתנגשות בהנחה שזמן ההתנגשות הוא אפסי. (6 נקודות)

ד. שרטט/י גרף איכותי של האנרגיה הקינטית של כל אחד מהגופים ושל האנרגיה הקינטית הכללית מזמן t לפני ההתנגשות ועד לזמן t אחרי ההתנגשות בהנחה שזמן ההתנגשות הוא אפסי. (6 נקודות)

ה. שרטט/י גרף איכותי של התנע של כל אחד מהגופים ושל התנע הכללי מזמן t לפני ההתנגשות ועד לזמן t אחרי ההתנגשות בהנחה שזמן ההתנגשות הוא T, והכוח שמפעילים הכדורים זה על זה בזמן ההתנגשות הוא קבוע. (8 נקודות)

בהצלחה!!!

תשובות סופיות - מבחן מתכונת מספר 3

שאלה מספר 1

א. $A : N_A ; N_B ; m_A g ; F ; f_S$ $\quad$ $B : N_B ; m_B g ; f_S$

ב. $N_B g ; f_S$

ג. $N_B = m_B \cdot g$; $N_A = m_A \cdot g + N_B$

ד. $m_B g$ (I) $\quad$ $m_B g$ (II) $\quad$ $m_B(g+3)$ (III)

ה. (I) $(m_A+m_B)\cdot\mu_S\cdot g$ $\quad$ (II) $(m_A+m_B)\cdot\mu_S\cdot g$

(III) $(m_A+m_B)\cdot\mu_S\cdot(g+a)$

שאלה מספר 2

א. כן ב. mg ג. T

ד. עבודת mg היא האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית

ה. לא mg הוא כוח חיצוני

שאלה מספר 3

א. $t = (20\cdot\pi)\sqrt{m/k}$ $\quad$ ב. t^2 כפונקציה של m

ג. $k=200\,N/m$ $\quad$ ד. לא

ה. אותו גרף $\quad$ ו. חיכוך, מסת הקפיץ, טעות במדידת הזמן

שאלה מספר 4

א. $V_{G\,A\,TOT} = -3.77\cdot10^{-7}\frac{J}{kg}$

ב. $V_{G\,B\,TOT} = -3.86\cdot10^{-7}\frac{J}{kg}$

ג. $g_{A\,TOT} = 0$

ד. $g_{B\,TOT} = 8.94\cdot10^{-10}\frac{m}{sec^2}$

ה. $W_{G\,(B\to A)} = 9\cdot10^{-7}J$

ו. $v = 1.34\cdot10^{-4}\frac{m}{sec}$

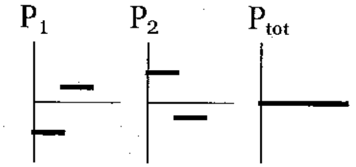
ז. $v = 8.68\cdot10^{-4}\frac{m}{sec}$

שאלה מספר 5

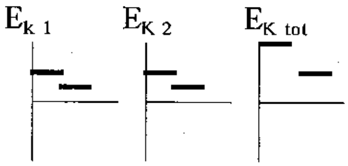
א. $v/\sqrt{2}$

ב. לא

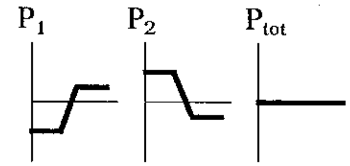
ג.



ד.

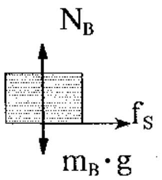


ה.

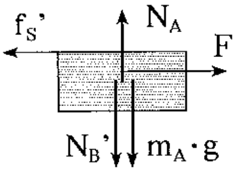


תשובות מלאות - מבחן מתכונת מספר 3

1. א. הכוחות הפועלים על המסה העליונה הם:



הכוחות הפועלים על המסה התחתונה הם:



ב. N_B' הוא כח תגובה לכח N_B שהפעיל הגוף A על הגוף B.

f_S' הוא כח תגובה לכח f_S שהפעיל הגוף A על הגוף B.

ג. לגבי הגוף העליון: $\Sigma F_Y = 0 \implies N_B = m_B \cdot g$

לגבי הגוף התחתון: $\Sigma F_Y = 0 \implies N_A = m_A \cdot g + N_B'$

ד. הכוח הפועל בין הגופים הוא בכל מקרה כוח החיכוך הסטטי כי אין תנועה יחסית בין הגופים.

$f_{S\,max} = \mu_S \cdot N_B$

(I) המעלית במנוחה, שקול הכוחות בכיוון Y שווה לאפס.

$f_{S\,max} = \mu_S \cdot N_B = \mu_S \cdot m_B \cdot g$

(II) תנועה במהירות קבועה היא כמו מנוחה.

(III)

$$\Sigma F_Y = m \cdot a_Y \implies N_B - m_B \cdot g = m_B \cdot a \implies N_B = m_B \cdot (a + g)$$

$$f_{S\,max} = \mu_S \cdot N_B = \mu_S \cdot m_B \cdot (a + g)$$

ה. התאוצה המירבית של הגוף העליון היא כאשר כוח החיכוך עליו מכסימלי: $f_{S\,max} = m_B \cdot a$

התאוצה של שני הגופים היא בכל מקרה:

$$\Sigma F = (\Sigma m) \cdot a \implies F = (m_A + m_B) \cdot a$$

ולכן: $$F = (m_A + m_B) \cdot \frac{f_{S\,max}}{m_B}$$

(I)

$$F=(m_A+m_B)\cdot\frac{f_{S\,max}}{m_B}=(m_A+m_B)\cdot\frac{\mu_S\cdot m_B\cdot g}{m_B}=(m_A+m_B)\cdot\mu_S\cdot g$$

(II) תנועה במהירות קבועה היא כמו מנוחה.

(III)

$$F=(m_A+m_B)\cdot\frac{f_{S\,max}}{m_B}=(m_A+m_B)\cdot\frac{\mu_S\cdot m_B\cdot(a+g)}{m_B}$$

$$F=(m_A+m_B)\cdot\mu_S\cdot(a+g)$$

---

2. א. האנרגיה המכנית של הגוף נשארת קבועה במהלך התנועה. היא הופכת מאנרגיה קינטית לאנרגיה פוטנציאלית כובדית וחזרה לקינטית.

ב. המשקל (mg) מבצע עבודה. עבודת המשקל שווה בערכה המוחלט לשינוי האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית של הגוף.

$W_{mg}=-mg\cdot\Delta h$

ג. המתיחות בחוט אינה מבצעת עבודה כי כיוון הכוח מאונך לכיוון התנועה.

ד. כוח המשיכה של כדור הארץ (המשקל) אינו נחשב לכוח חיצוני מכיוון שעבודתו נלקחת בחשבון ע"י הגדרת האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית.

ה. התנע הקווי אינו קבוע. גם המתיחות (המשנה את כיוון המהירות) וגם המשקל (המשנה את גודל וכיוון המהירות) משנים את התנע הקווי של הגוף.

---

3. א. זמן המחזור בתנועה הרמונית הוא: $T=2\cdot\pi\cdot\sqrt{\frac{m}{k}}$

מאחר ונמדד הזמן של 10 מחזורים, נקבל:

$$t=10\cdot T=20\cdot\pi\cdot\sqrt{\frac{m}{k}}$$

ב. אם נעלה את שני האגפים בריבוע נקבל: $t^2=\frac{400\cdot\pi^2}{k}\cdot m$

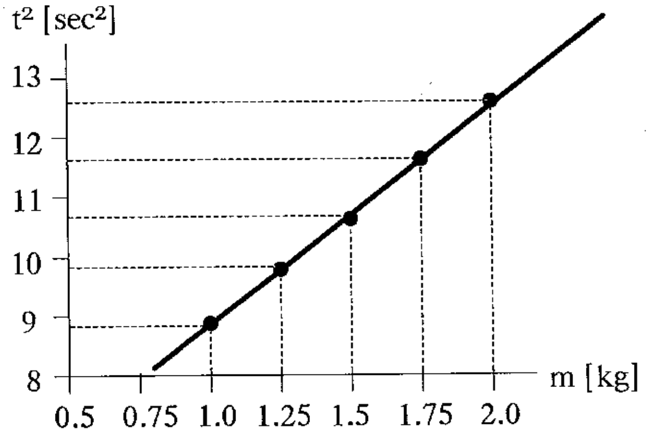
כך שגרף של t^2 כפונקציה של m הוא גרף לינארי עם שיפוע

$$\frac{400\cdot\pi^2}{k}$$

ג. נוסיף לטבלה את t^2:

t [sec]	t^2 [sec^2]	m [kg]
8.89	79.03	1
9.93	98.60	1.25
10.88	118.37	1.5
11.75	138.06	1.75
12.57	158.00	2

ד.



את השיפוע יש לחשב, בעיקרון, בעזרת שתי נקודות על הגרף ולא שתי נקודות מן הנתונים מאחר ובחירה של נקודות מן הנתונים גורמת להם להיות חשובות יותר מנקודות נתונים אחרות. במקרה שלנו ניקח שתי נקודות מן הנתונים מאחר והגרף לא מצויר על נייר מילימטרי:

$$a = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{158 - 79.03}{2 - 1} = 78.97\ \frac{\text{sec}^2}{\text{kg}}$$

$$a = \frac{400 \cdot \pi^2}{k} \quad \Longrightarrow \quad k = \frac{400 \cdot \pi^2}{a} = \frac{400 \cdot \pi^2}{78.97} = 50\ \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

ה. לא, מכיוון שזמן המחזור אינו תלוי במשרעת.

ו. הגרף היה נראה זהה לחלוטין כי אין תלות בתאוצת הכובד.

ז. (I) חיכוך בין המסה והריצפה. (II) המסה של הקפיץ
(III) חוסר דיוק במדידת הזמן.

4. א. פוטנציאל הכבידה הוא האנרגיה הדרושה להביא יחידת מסה מאינסוף לנקודה. פוטנציאל הוא סקלר ולכן החיבור הוא חיבור אלגברי פשוט. הפוטנציאל הנגרם ממסה נקודתית הוא:

$$V_G = \frac{U_G}{m} = -G \cdot \frac{m}{r}$$

מאחר והנקודה A נמצאת במרחק זהה מכל ארבע המסות יש להכפיל ב-4 את הפוטנציאל הנגרם ממסה אחת.

$$V_{G\ A\ TOT} = 4 \cdot V_G = 4 \cdot \left(-G \cdot \frac{m}{r}\right) =$$

$$V_{G\ A\ TOT} = -4 \cdot 6.67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{10^5}{[50 \cdot \sqrt{2}]} = -3.77 \cdot 10^{-7} \frac{J}{kg}$$

ב. הנקודה B נמצאת במרחק $50\,m$ משתיים מהמסות ובמרחק $\sqrt{50^2+100^2}$ משתי המסות הנוספות. לכן:

$$V_{G\ B\ TOT} = 2 \cdot \left(-G \cdot \frac{m}{r_1}\right) + 2 \cdot \left(-G \cdot \frac{m}{r_2}\right) = -2 \cdot G \cdot m \cdot \left[\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right]$$

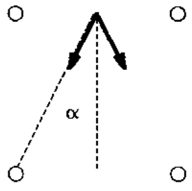
$$V_{G\ B\ TOT} = -2 \cdot 6.67 \cdot 10^{-11} \cdot 10^5 \cdot \left[\frac{1}{50} + \frac{1}{\sqrt{50^2+100^2}}\right] = -3.86 \cdot 10^{-7} \frac{J}{kg}$$

ג. שדה הכבידה הוא הכוח הפועל על יחידת מסה בנקודה. כוח הוא וקטור ולכן החיבור הוא חיבור וקטורי.

השדה הנגרם ממסה נקודתית הוא: $g = \frac{F}{m} = G \cdot \frac{m}{r^2}$

מאחר והנקודה A נמצאת במרחק זהה מכל ארבע המסות השדה של כל מסה מבוטל ע"י השדה של המסה הנמצאת באלכסון. לכן:
$g_A = 0$

ד. השדה בנקודה B נגרם רק בגלל שתי המסות הנמצאות במרחק של $\sqrt{50^2+100^2}$. השדה של שתי המסות הקרובות הוא אפס כי שתי המסות מבטלות זו את זו.



מאחר והשדה השקול הוא סכום וקטורי רק הרכיבים של שני השדות בכיוון המסה A מתחברים ולכן:

$$g_{B\ TOT} = 2\cdot\left(G\cdot\frac{m}{r_2^2}\right)\cdot\cos(\alpha)$$

$$g_{B\ TOT} = 2\cdot\left(6.67\cdot10^{-11}\cdot\frac{10^5}{50^2+100^2}\right)\cdot\frac{100}{\sqrt{50^2+100^2}} = 8.94\cdot10^{-10}\frac{m}{sec^2}$$

ה.

$$W_{G\ (B\to A)} = m\cdot\Delta V = m\cdot(V_A - V_B)$$

$$W_{G\ (B\to A)} = 100\cdot[-3.77\cdot10^{-7} - (-3.86\cdot10^{-7})] =$$

$$9\cdot10^{-7}J$$

ו. האנרגיה הקינטית הדרושה שווה לעבודה בהבאת המסה מ-B ל-A.

$$E_K = \frac{m\cdot v^2}{2} \implies v = \sqrt{\frac{2\cdot E_K}{m}} = \sqrt{\frac{2\cdot9\cdot10^{-7}}{100}} = 1.34\cdot10^{-4}\frac{m}{sec}$$

ז. כדי שהמסה תצא מהשפעת מערכת המסות סך כל האנרגיה שלה חייב להיות חיובי. מקרה הגבול הוא כאשר האנרגיה הכוללת מתאפסת.

$$U_G + E_K = 0 \implies E_K = -U_G \implies \frac{m\cdot v^2}{2} = -U_G \implies v = \sqrt{\frac{-2\cdot U_G}{m}}$$

מאחר והאנרגיה הפוטנציאלית הכובדית היא מכפלת פוטנציאל הכבידה במסה: $U_G = m\cdot V_G$

נקבל:

$$v = \sqrt{\frac{-2\cdot U_G}{m}} = v = \sqrt{\frac{-2\cdot m\cdot V_G}{m}} = \sqrt{-2\cdot V_G}$$

נציב ונקבל:

$$v = \sqrt{-2\cdot(-3.77\cdot10^{-7})} = 8.68\cdot10^{-4}\frac{m}{sec}$$

5. א. האנרגיה הקינטית של המערכת לפני ההתנגשות היא:

$$E_K = 2\cdot\left(\frac{m\cdot v^2}{2}\right) = m\cdot v^2$$

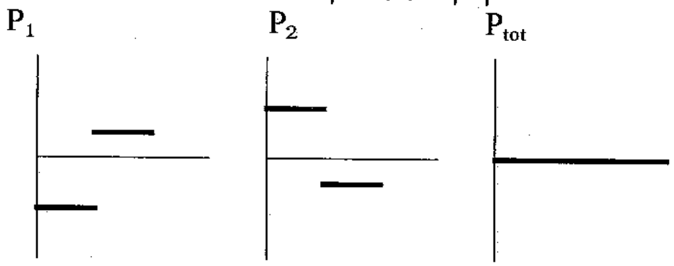
מאחר והמצב סימטרי ברור שמהירות שתי המסות תהיה זהה לאחר ההתנגשות. נסמן את המסה של כל אחת מהמסות ב-u.

האנרגיה הקינטית הכוללת לאחר ההתנגשות היא מחצית מהאנרגיה הקינטית הכוללת לפני ההתנגשות, ולכן:

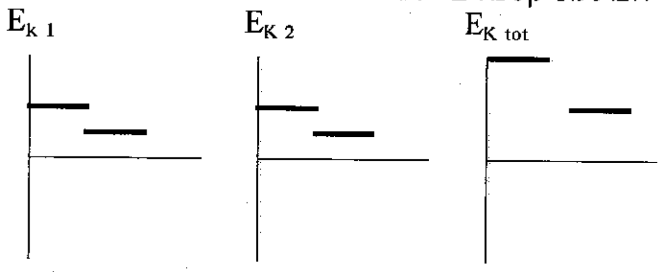
$$\frac{1}{2}\cdot\left[m\cdot v^2\right] = m\cdot u^2 \implies u = \frac{v}{\sqrt{2}}$$

ב. לא. התנע הכולל לפני ההתנגשות שווה לאפס. במידה ושני הגופים ינועו יחד הרי מהירותם המשותפת צריכה להיות אפס! ואז אובדת כל האנרגיה הקינטית ולא מחצית ממנה.

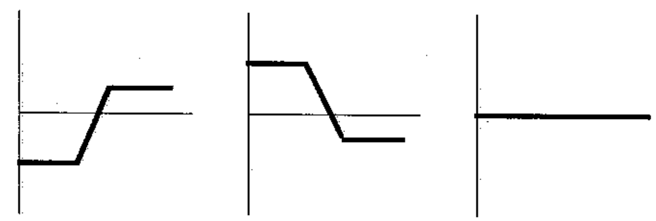
ג. התנע של כל אחד מהגופים קטן בערכו (כי המהירות קטנה) ומתהפך בסימנו (כי כיוון המהירות מתהפך) התנע הכולל נשאר כל הזמן קבוע (במקרה זה שווה לאפס):



ד. האנרגיה הקינטית של כל אחד מהכדורים והאנרגיה הקינטית הכוללת קטנה פי שניים:



ה. מאחר וזמן התאוטה והתאוצה הוא סופי יש שיפוע (השווה לתאוצה)



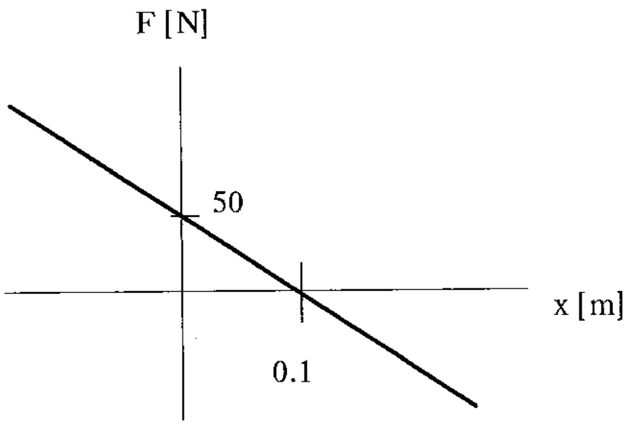
מבחן מתכונת מספר 4

משך הבחינה: שעה וחצי

מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה חמש שאלות. מתוכן עליך לענות על שלוש שאלות בלבד.

לכל שאלה - $33\frac{1}{3}$ נקודות. מספר הנקודות לכל סעיף רשום בסופו.

1. מסה תלויה על קפיץ אנכי חסר מסה ונעה בתנועה הרמונית. גרף הכוח שמפעיל הקפיץ על המסה כפונקציה של המרחק מנקודת שיווי המשקל של התנועה הוא:



א. מדוע הגרף לא עובר דרך ראשית הצירים? (6 נקודות)

ב. מהו הקשר המתמטי בין הכוח שמפעיל הקפיץ ובין המרחק מנקודת שיווי המשקל? (5 נקודות)

ג. מהו קבוע הקפיץ? (5 נקודות)

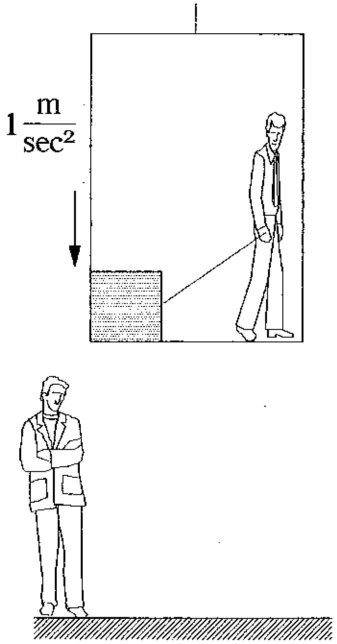
ד. מהו גודל המסה התלויה על הקפיץ? (5 נקודות)

ה. מהי תדירות התנודות? (5 נקודות)

ו. כיצד היה משתנה הגרף אם המסה היתה מוגדלת פי שניים? (4 נקודות)

ז. כיצד היה נראה הגרף אם הניסוי היה נערך על הירח? (3 1/3 נקודות)

2. בתוך מעלית היורדת בתאוצה של $a=1\,m/sec^2$, מושך אדם גוף שמסתו $m=2kg$ בכוח של $F=10N$ בזווית 30^0 לריצפה. תחילת משיכת החבל היתה כשהמעלית היתה במנוחה.
בין הגוף וריצפת המעלית יש חיכוך. מקדם החיכוך שווה ל- 0.1 .



א. שרטט/י את הכוחות הפועלים על הגוף. (8 1/3 נקודות)

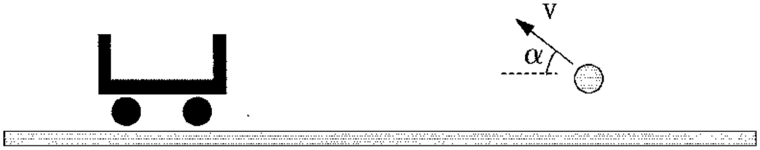
ב. תוך כמה זמן יתקדם הגוף מרחק של 1m על ריצפת המעלית, בהנחה שהתחיל ממנוחה? (8 נקודות)

ג. כיצד יראה מסלול תנועת הגוף מנקודת מבטו של אדם הנמצא על הקרקע? (8 נקודות)

ד. מהי מהירות הגוף, על פי האדם שבמעלית (אדם א') לאחר 3sec של תנועה? (5 נקודות)

ה. מהי מהירות הגוף על פי האדם שעל הקרקע (אדם ב'), לאחר 3sec של תנועה? (4 נקודות)

3. כדור שמסתו m נזרק במהירות v בזווית α לתוך עגלה עומדת שמסתה M.
הגובה ממנו נזרק הכדור שווה לגובה העגלה. הכדור נדבק לעגלה.



א. האם נשמר התנע הקווי הכללי של המערכת, או אחד מרכיבי התנע הקווי הכללי, בכל אחד משלבי התנועה הבאים? הסבר/י

(I) זריקת הכדור (הבאת הכדור ממהירות אפס למהירות v בתוך היד) (4 נקודות)

(II) התנועה באוויר. (4 נקודות)

(III) הפגיעה בעגלה. (4 נקודות)

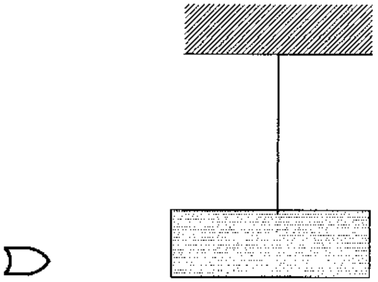
ב. האם נשמרת האנרגיה המכנית הכללית של המערכת בכל אחד משלבי התנועה המתוארים בסעיף א'? הסבר/י (9 נקודות)

ג. מצא/י ביטוי לרכיבי המיתקף שפעל על הגוף בכל אחד מן השלבים. (4 1/3 נקודות)

ד. שרטט/י גרף איכותי של רכיב X של מהירות הכדור כפונקציה של הזמן, מרגע תחילת התנועה ביד ועד לאחר הפגיעה בעגלה, מתוך הנחה שהכוח שהפעילו היד והעגלה היה קבוע. (4 נקודות)

ה. שרטט/י גרף איכותי של רכיב Y של מהירות הכדור כפונקציה של הזמן, מרגע תחילת התנועה ביד ועד לאחר הפגיעה בעגלה, מתוך הנחה שהכוח שהפעילו היד והעגלה היה קבוע. (4 נקודות)

4. בניסוי למציאת מהירות לוע של אקדח נורה קליע שמסתו 5gr לסידרה של קוביות עץ במסה הולכת וגדלה ובכל אחת מהן נתקע הקליע. בכל ניסוי נמדד הגובה המכסימלי אליו הגיעה קובית העץ.



תוצאות הגבהים והמסות השונות מרוכזים בטבלה הבאה:

M [gr]	h [cm]
500	19.61
600	13.66
700	10.06
800	7.72
900	6.10
1000	4.95

א. מהו הקשר המתמטי בין המסה M של בול העץ ובין הגובה המכסימלי אליו עלתה המסה? (8 1/3 נקודות)

ב. מהי בחירת המשתנים שתאפשר ציור גרף לינארי ששיפועו יהיה תלוי במהירות הקליע? (6 נקודות)

ג. הוסף/הוסיפי טורים לטבלה כדי להקל על שרטוט הגרף, ושרטט/י גרף ומצא/י מתוכו את מהירות הקליע. (9 נקודות)

ד. מהם הקירובים שמניחים לצורך הניסוי? (5 נקודות)

ה. אם הניסוי היה נעשה עם קוביות עץ הגדולות פי 10, האם הדיוק של הניסוי היה גדל או קטן? הסבר/י (5 נקודות)

5. לווין שמסתו $m=100\,kg$ נע במהירות של $10\ km/sec$ במסלול מעגלי מסביב לכדור הארץ.

א. מהי תוספת המהירות המינימלית שיש לתת לחלק מן הלווין שמסתו $m'=10\,kg$ כדי שימלט מהשפעת כדור הארץ במידה והמהירות ניתנת בכיוון מהירות הלווין? (6 נקודות)

ב. מה תהיה מהירות הלווין מיד לאחר ניתוק החלק ממנו? (10 נקודות)

ג. האם ישאר הלווין קשור לכדור הארץ? (7 נקודות)

ד. מהי כמות האנרגיה הקינטית שנוצרה? (7 נקודות)

ה. מהי תוספת המהירות המינימלית שיש לתת לאותו החלק m' של הלווין כדי שימלט מהשפעת כדור הארץ במידה והמהירות ניתנת בכיוון מאונך לכיוון התקדמות הלווין? (3 1/3 נקודות)

בהצלחה!!!

תשובות סופיות - מבחן מתכונת מספר 4

שאלה מספר 1

א. הקפיץ מתוח.

ב. $F = -500 \cdot x + 50$

ג. $K = 500 \frac{N}{m}$

ד. $m = 5\ kg$

ה. $f = 1.59\ Hz$

ו. שיפוע ללא שינוי. חיתוך עם ציר ה-X יגדל

ז. שיפוע ללא שינוי. חיתוך עם ציר ה-X יקטן

שאלה מספר 2

ב. $t = 0.74 sec$

ג. $\alpha = 15.2^0 \quad a = 3.81 \frac{m}{sec^2}$

ד. $\alpha = 15.2^0 \quad v = 11.44 \frac{m}{sec}$

שאלה מספר 3

א. (I) גם הרכיב האופקי וגם הרכיב האנכי של התנע הקווי ישתנו.

(II) רק הרכיב האנכי של התנע הקווי ישתנה, בעוד הרכיב האופקי ישאר קבוע.

(III) ישתנו

ב. (I) האנרגיה הכוללת גדלה

(II) האנרגיה הכוללת נשמרת.

(III) האנרגיה הכוללת קטנה

ג. (I) $J_X = m \cdot v \cdot \cos(\alpha) \quad ; \quad J_Y = m \cdot v \cdot \sin(\alpha)$

(II) $J_X = 0 \quad J_Y = -2 \cdot m \cdot v \cdot \sin(\alpha)$

(III) $J_X = -m \cdot v \cdot \cos(\alpha) \quad J_Y = m \cdot v \cdot \sin(\alpha)$

ד. בחלק הראשון יש תאוצה קבועה, בשני מהירות קבועה ובשלישי תאוטה קבועה .

ה. בחלק הראשון יש תאוצה קבועה, בשני תאוטה עד לעצירה ואחר כך תאוצה בכיוון ההפוך ולבסוף תאוטה עד לעצירה.

שאלה מספר 4

א. $h = \dfrac{m^2 \cdot v^2}{2 \cdot g \cdot (m + M)^2}$

ב. h כפונקציה של $\dfrac{1}{(m + M)^2}$ השיפוע הוא: $m^2 \cdot v^2 / 2 \cdot g$.

ד. $v = 200 \dfrac{m}{sec}$

ה. הקליע נתקע בבול העץ עוד לפני תחילת עליית הבול, מסת החוט זניחה.

ו. השגיאה היחסית גדלה.

שאלה מספר 5

א. $\Delta v = 4{,}142 \dfrac{m}{sec}$

ב. $u = 9.54 \cdot 10^3 \dfrac{m}{sec}$

ג. $E = -4.9 \cdot 10^9 J$ הלווין ישאר קשור.

ד. $\Delta E_K = 9.55 \cdot 10^5 J$

ה. $\Delta v = 10^4 \dfrac{m}{sec}$

תשובות מלאות - מבחן מספר 4

1. א. בנקודת שיווי המשקל הקפיץ אינו רפוי אלא מתוח כדי לאזן את משקל המסה התלויה.

ב. נחשב את שיפוע הקו: $a = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{50 - 0}{0 - 10} = -500\ \frac{N}{m}$

הקשר הוא: $F = -500 \cdot x + 50$

ג. קבוע הקפיץ הוא השיפוע של הקו, היינו: $K = 500\ \frac{N}{m}$

ד. המסה התלויה על הקפיץ היא הגורם לכוח הקבוע שמפעיל הקפיץ:

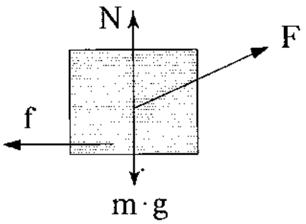
$$m \cdot g = 50 \quad \Longrightarrow \quad m = \frac{50}{10} = 5\ kg$$

ה. $$f = \frac{\omega}{2 \cdot \pi} = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{k}{m}} = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{500}{5}} = 1.59\ Hz$$

ו. שיפוע הקו לא היה משתנה, מאחר והוא תלוי בקבוע הקפיץ. נקודת החיתוך עם ציר ה-X היתה גדלה פי שניים.

ז. בדיוק כמו בסעיף הקודם, שיפוע הקו לא היה משתנה, מאחר והוא תלוי בקבוע הקפיץ.
נקודת החיתוך עם ציר ה-X היתה קטנה, כי משקל הגוף קטן.

2. א. הכוחות הפועלים על הגוף הם ארבעה:



ב. כדי למצוא את התאוצה בציר X נחשב את שקול הכוחות בציר זה:

$\Sigma F_X = m \cdot a_X$

$F \cdot \cos(30^o) - f = m \cdot a_X$

כוח החיכוך תלוי בכוח הנורמלי הנקבע על פי שקול הכוחות בציר Y:

$\Sigma F_Y = m \cdot a_Y$

$m \cdot g - N - F \cdot \sin(30^o) = m \cdot a_Y$

$N = m \cdot g - F \cdot \sin(30^o) - m \cdot a_Y = 2 \cdot 10 - 10 \cdot \sin(30^o) - 2 \cdot 1 = 13N$

$f = \mu \cdot N = 0.1 \cdot 13 = 1.3N$

עכשיו אפשר למצוא את התאוצה בציר X:

$$a_X = \frac{F \cdot \cos(30^o) - f}{m} = \frac{10 \cdot \cos(30^o) - 1.3}{2} = 3.68 \frac{m}{sec^2}$$

התנועה היא תנועה שוות תאוצה, לכן: $\Delta x = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a_X \cdot t^2$

כאשר המהירות ההתחלתית שווה לאפס נקבל:

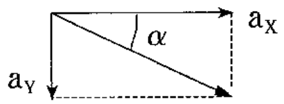
$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta x}{a_X}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1}{3.68}} = 0.74 sec$$

ג. מאחר והתנועה מורכבת משתי תאוצות קבועות המתחילות כאשר הגוף במנוחה התנועה נראית תנועה בקו ישר בתאוצה קבועה.
התאוצה היא:

$$a = \sqrt{a_X^2 + a_Y^2} = \sqrt{3.68^2 + 1^2} = 3.81 \frac{m}{sec^2}$$

כיוון התנועה הוא:

$$tg(\alpha) = \frac{a_Y}{a_X} = \frac{1}{3.68} = 0.27$$



$$\alpha = 15.2^0$$

ד. האדם שבמעלית מודד מהירות רק בכיוון X:

$$v_X = v_0 + a_X \cdot t = 0 + 3.68 \cdot 3 = 11.04 \frac{m}{sec}$$

האדם שעל הקרקע מודד בנוסף למהירות זו גם מהירות בציר Y:

$$v_Y = v_0 + a_Y \cdot t = 0 + 1 \cdot 3 = 3 \frac{m}{sec}$$

המהירות השקולה שהוא ימדוד היא:

$$v = \sqrt{v_X^2 + v_Y^2} = \sqrt{11.04^2 + 3^2} = 11.44 \frac{m}{sec}$$

כיוון המהירות הוא בכיוון התאוצה.

3. א. (I) בזמן זריקת הכדור מופעל על הכדור כוח על ידי היד. כוח זה הפועל לאורך זמן יוצר מתקף על הכדור ולכן משנה את התנע הקווי שלו.

מאחר וכיוון הזריקה הוא בזווית לקרקע, גם הרכיב האופקי (ביחס לקרקע) וגם הרכיב האנכי של התנע הקווי ישתנו.

(II) בזמן תנועת הכדור באוויר מופעל על הכדור כוח על ידי כדור הארץ. כוח זה הפועל לאורך זמן יוצר מתקף על הכדור ולכן משנה את התנע הקווי שלו. מאחר וכיוון הכוח הוא בכיוון האנכי, רק הרכיב האנכי של התנע הקווי ישתנה, בעוד הרכיב האופקי ישאר קבוע.

(III) בזמן פגיעת זריקת הכדור מופעל על הכדור כוח על ידי העגלה. כוח זה הפועל לאורך זמן יוצר מתקף על הכדור ולכן משנה את התנע הקווי שלו. מאחר וכיוון הכוח המופעל על ידי העגלה הוא הן מאונך (כוח נורמלי) והן אופקי (כוח חיכוך) ישתנו שני רכיביו של התנע הקווי.

ב. (I) הכוח שמופעל על ידי היד הוא כוח חיצוני המגדיל את האנרגיה הכוללת של הכדור.

(II) כוח המשיכה של כדור הארץ הוא כוח פנימי (הנלקח בחשבון על ידי הגדרת אנרגיה פוטנציאלית כובדית) ולכן בשלב זה אין כוחות חיצוניים והאנרגיה הכוללת נשמרת.

(III) הכוח שמפעילה העגלה הוא כוח חיצוני ולכן יהיה שינוי (הקטנה) של האנרגיה הכוללת

ג. (I) המתקף שווה לשינוי התנע:

$$J_X = \Delta(m \cdot v)_X = m \cdot v_X - 0 = m \cdot v_X = m \cdot v \cdot \cos(\alpha)$$
$$J_Y = \Delta(m \cdot v)_Y = m \cdot v_Y - 0 = m \cdot v_Y = m \cdot v \cdot \sin(\alpha)$$

(II)

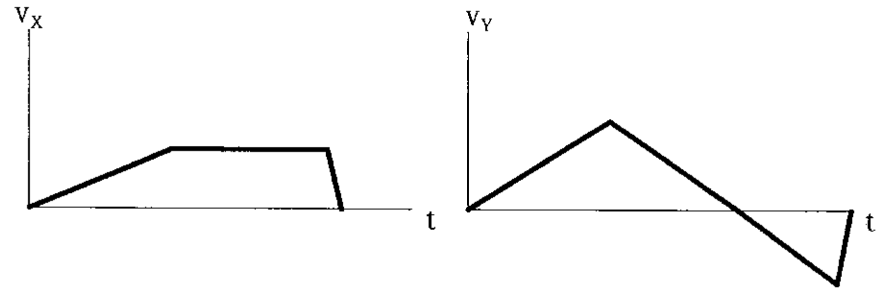
$$J_X = \Delta(m \cdot v)_X = m \cdot v_X - m \cdot v_X = 0$$
$$J_Y = \Delta(m \cdot v)_Y = -m \cdot v_Y - m \cdot v_Y = -2 \cdot m \cdot v \cdot \sin(\alpha)$$

(III)

$$J_X = \Delta(m \cdot v)_X = 0 - m \cdot v_X = -m \cdot v \cdot \cos(\alpha)$$
$$J_Y = \Delta(m \cdot v)_Y = 0 - (-m \cdot v_Y) = m \cdot v \cdot \sin(\alpha)$$

ד. בחלק הראשון יש תאוצה קבועה, בשני מהירות קבועה ובשלישי תאוטה קבועה (אשר יש להניח שהיא גדולה בערכה המוחלט מן התאוצה בחלק הראשון).

ה. בחלק הראשון יש תאוצה קבועה, בשני תאוטה עד לעצירה ואחר כך תאוצה בכיוון ההפוך ולבסוף תאוטה עד לעצירה.



4. א. המהירות המשותפת (U) של בול העץ והקליע היא:

$$m \cdot v + M \cdot 0 = (m+M) \cdot U \quad \Longrightarrow U = \frac{m}{m+M} \cdot v$$

עם המהירות הזו עולים בול העץ והקליע והופכים אנרגיה קינטית לאנרגיה פוטנציאלית כובדית:

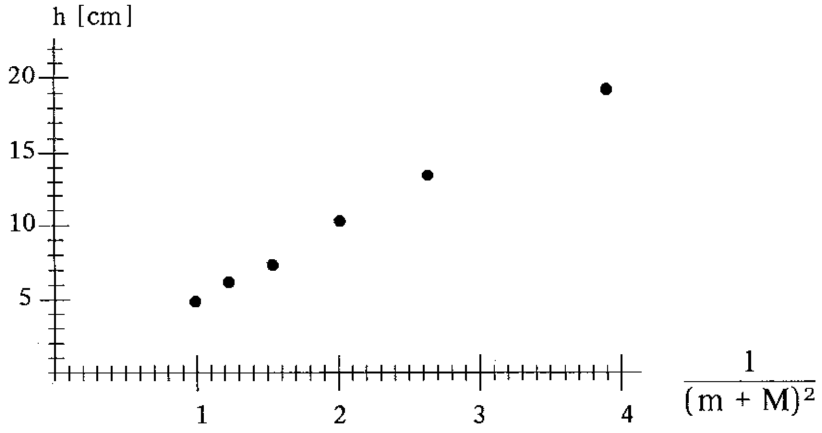
$$\frac{1}{2} \cdot (m+M) \cdot U^2 = (m+M) \cdot g \cdot h$$

$$h = \frac{U^2}{2 \cdot g} = \frac{m^2 \cdot v^2}{2 \cdot g \cdot (m+M)^2}$$

ב. אם נבחר לשרטט גרף של h כפונקציה של $\frac{1}{(m+M)^2}$ נקבל גרף ישר (לינארי) ששיפועו הוא: $m^2 \cdot v^2 / 2 \cdot g$.

ג.

M [kg]	h [cm]	$1/(m+M)^2$ [kg^{-2}]
0.5	19.61	3.92
0.6	13.66	2.73
0.7	10.06	2.01
0.8	7.72	1.54
0.9	6.10	1.22
1.0	4.95	0.99



בחישוב מעבדתי אמיתי חישוב השיפוע נעשה על שתי נקודות על הקו הישר המועבר דרך נקודות הניסוי ולא על שתי נקודות מתוך נקודות הניסוי (כי כך רק שתי נקודות אלו חשובות)

$$a = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{19.61 - 4.95}{3.92 - 0.99} = 5$$

$$a = \frac{m^2 \cdot v^2}{2 \cdot g} \implies v = \frac{\sqrt{2 \cdot g \cdot a}}{m} = \frac{\sqrt{2 \cdot 10 \cdot 5}}{0.05} = 200\ \frac{m}{sec}$$

ה. הקירובים הם שהקליע נתקע בבול העץ עוד לפני תחילת עליית הבול, שמסת החוט זניחה.

ו. ככל שקוביות העץ גדולות יותר כך יעלה הקליע לגובה נמוך יותר ומאחר ומכשיר המדידה המודד את הגובה שעלה הבול לא השתנה, השגיאה היחסית גדלה.

5. כדי שגוף ימלט מהשפעת כדור הארץ האנרגיה הכוללת שלו צריכה להיות חיובית, או במקרה הגבולי שווה לאפס.
לכן, המהירות של חלק הלווין 'm אחרי שהוא קיבל מהירות לשם מילוטו (v_C) היא:

$$-\frac{G\cdot M\cdot m'}{r} + \frac{1}{2}\cdot m'\cdot v_C^2 = 0 \implies v_C = \sqrt{\frac{2\cdot G\cdot M}{r}}$$

מהירות זו גדולה פי $\sqrt{2}$ ממהירות לווין כי מהירות לווין, המתקבלת מהחוק השני של ניוטון והתאוצה הצנטריפטלית, היא:

$$\frac{G\cdot M\cdot m}{r^2} = m\cdot\frac{v^2}{r} \implies v = \sqrt{\frac{G\cdot M}{r}}$$

ולכן המהירות לאחר תוספת המהירות היא: $v_C = \sqrt{2}\cdot 10^4\frac{m}{sec}$

א. אם תוספת המהירות ניתנת בכיוון המהירות:

$$v + \Delta v = v_C \implies \Delta v = v_C - v = \left(\sqrt{2} - 1\right)\cdot 10^4 = 4{,}142\frac{m}{sec}$$

ב. את מהירות הלווין נמצא בעזרת חוק שימור התנע הקווי:

$$m\cdot v = (m-m')\cdot u + m'\cdot v_C$$

$$u = \frac{m\cdot v - m'\cdot v_C}{m - m'} = \frac{100\cdot 10^4 - 10\cdot\sqrt{2}\cdot 10^4}{100 - 10} = 9.54\cdot 10^3\frac{m}{sec}$$

ג. כדי לדעת אם הלווין ישאר קשור, נחשב את סך כל האנרגיה שלו. במידה והיא חיובית הוא ניתק.

$$E = E_K + U_G = \frac{1}{2}\cdot(m-m')\cdot u^2 + \frac{-G\cdot M\cdot(m - m')}{r}$$

נציב במקום הביטוי $\frac{GM}{r}$ את ריבוע המהירות: $v^2 = \frac{G\cdot M}{r}$

$$E = E_K + U_G = \frac{1}{2}\cdot(m-m')\cdot u^2 + -v^2\cdot(m - m')$$

$$E = \frac{1}{2}\cdot(100 - 10)\cdot\left[9.54\cdot 10^3\right]^2 - \left[10^4\right]^2\cdot(100 - 10) = -4.9\cdot 10^9\,J$$

הלווין ישאר קשור.

ד. כמות האנרגיה הקינטית שנוצרה היא:

$$\Delta E_K = \frac{1}{2}\cdot m'\cdot v_C^2 + \frac{1}{2}\cdot(m-m')\cdot u^2 - \frac{1}{2}\cdot m\cdot v^2$$

$$\Delta E_K = \frac{1}{2}\cdot 10\cdot[\sqrt{2}\cdot 10^4]^2 + \frac{1}{2}\cdot 90\cdot[9.54\cdot 10^3]^2 - \frac{1}{2}\cdot 100\cdot[10^4]^2$$

$$\Delta E_K = 9.55\cdot 10^5\,J$$

ה. אם תוספת המהירות ניתנת במאונך לכיוון המהירות:

$$v^2 + (\Delta v)^2 = v_C^2 \quad \Longrightarrow$$

$$\Delta v = \sqrt{v_C^2 - v^2} = \sqrt{(\sqrt{2}\cdot 10^4)^2 + (10^4)^2} = 10^4\,\frac{m}{sec}$$

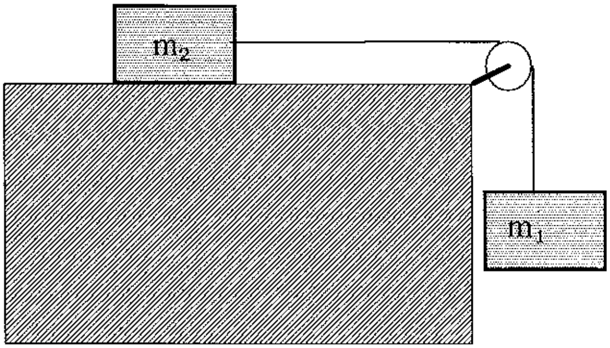
מבחן מתכונת מספר 5

משך הבחינה: שעה וחצי

מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה חמש שאלות. מתוכן עליך לענות על שלוש שאלות בלבד.

לכל שאלה - $33\frac{1}{3}$ נקודות. מספר הנקודות לכל סעיף רשום בסופו.

1. נתונה מערכת של שתי מסות הנמצאות על משטח חלק. המערכת משוחררת ממנוחה.



א. מהו הביטוי לאנרגיה הכוללת של המסה m_2 כפונקציה של הזמן (בחר/י מישור יחוס כרצונך) (7 נקודות)

ב. מהו הביטוי לאנרגיה הכוללת של המסה m_1 כפונקציה של הזמן (בחר/י מישור יחוס כרצונך) (7 נקודות)

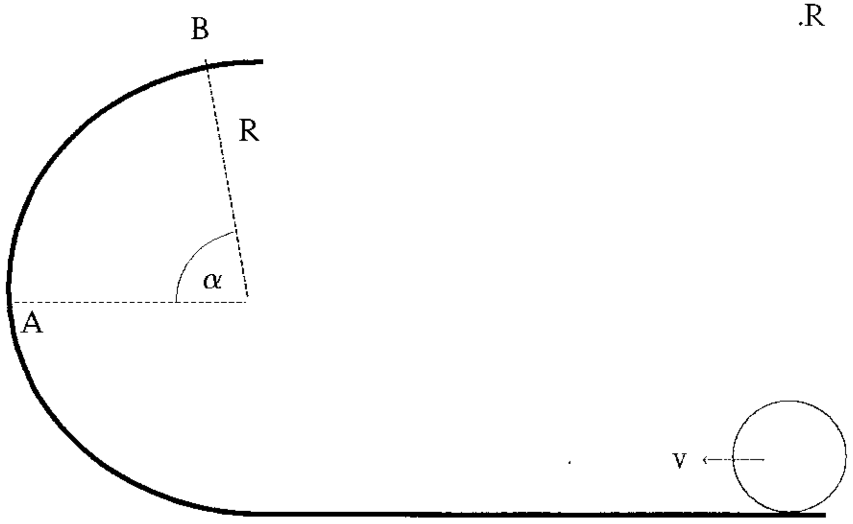
ג. הוכח/י שסכום שני הביטויים הוא קבוע. מהי משמעותו הפיסיקאלית של סכום זה? (6 נקודות)

המערכת מקבלת מהירות התחלתית v כך שהמסה m_1 יורדת.

ד. מהו הביטוי לעבודה המושקעת בנתינת המהירות ההתחלתית? (5 1/3 נקודות)

ה. מה צריך להיות מקדם החיכוך שיגרום לכך שמעבר האנרגיה היחיד יהיה מאנרגיה פוטנציאלית כובדית לחום? (8 נקודות)

2. כדור נזרק במהירות v לעבר מסילה חצי מעגלית חלקה שרדיוסה R.



א. איזה גודל יתאפס בנקודה בה ינתק הכדור מן המסלול, בהנחה שלא יגיע לקצה המסלול (נקודה B)? (3 1/3 נקודות)

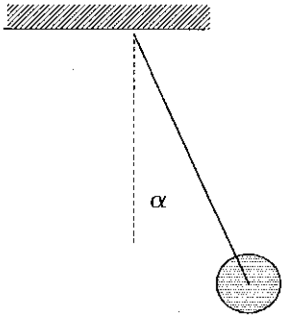
ב. האם הכדור יכול להינתק מן המסלול בנקודה הנמוכה מן הנקודה A? <u>הסבר/י</u> (5 נקודות)

ג. האם הכדור יכול להגיע לנקודה B במהירות אפס? <u>הסבר/י</u> (5 נקודות)

ד. מהי המהירות המינימלית v שתאפשר לכדור להגיע לנקודה B? (8 נקודות)

ה. מהו הקשר בין מהירותו v ובין הנקודה בה ינתק מן המסלול? (12 נקודות)

3. בניסוי למציאת תאוצת הכובד בעזרת מטוטלת קונית שאורך החוט שלה 80 cm, נמדדו זמני מחזור של עשרה סיבובים ($10\cdot T$), ונמדדה זווית הפתיחה של המטוטלת (α). נעשו שמונה מדידות שונות.



התוצאות הן:

$10\cdot T$ [sec]	α [deg]
17.9	5
17.8	10
17.4	20
16.7	30
15.7	40
14.4	50
12.7	60
10.5	70

א. מהו הקשר המתמטי בין זמן המחזור של המטוטלת ובין זווית הפתיחה של המטוטלת? (8 1/3 נקודות)

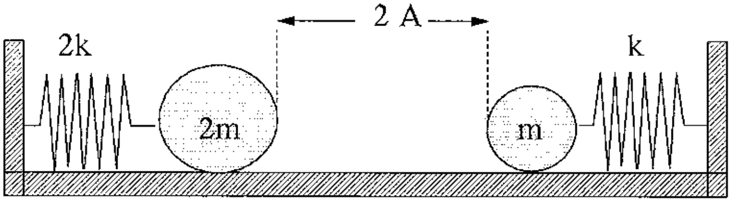
ב. הוסף/הוסיפי לטבלה טורים נוספים שיעזרו לשרטוט גרף לינארי. מהו השיפוע התיאורטי של הגרף הלינארי שבחרת? (8 נקודות)

ג. שרטט/י את הגרף בעזרת הנתונים, וחשב/י את שיפוע הגרף. מצא/י משיפוע הגרף את תאוצת הכובד. (10 נקודות)

ד. מדוע נמדדים עשרה סיבובים בכל מדידה? (4 נקודות)

ה. מנה/י שלושה גורמי שגיאה בניסוי זה? (3 נקודות)

4. שני כדורים, בעלי מסות m ו-2m משוחררים בו זמנית, לאחר שנלחצו מרחק זהה A כל אחד, על ידי שני קפיצים שקבוע הקפיץ שלהם k ו-2k בהתאמה. לפני פעולת הכיווץ היו שני הקפיצים רפויים. הכדורים מתנגשים ביניהם בהתנגשות פלסטית.



א. היכן יפגשו שני הכדורים? (6 נקודות)

ב. תאר/י במילים את תנועת המערכת לאחר ההתנגשות. (6 נקודות).

ג. היכן היא נקודת שיווי המשקל החדשה? (4 נקודות)

ד. מהו זמן המחזור של התנועה ההרמונית המתקבלת לאחר ההתנגשות? (6 נקודות)

ה. מהי משרעת התנועה ההרמונית המתקבלת לאחר ההתנגשות? (6 נקודות)

ו. שרטט/י באופן איכותי את גרף ההעתק כפונקציה של הזמן של תנועת המסה הימנית מרגע שחרורה ועד לעצירתה הראשונה לאחר ההתנגשות (הנח/י שזמן ההתנגשות עצמו זניח). (5 1/3 נקודות)

5. מסת כוכב הלכת צדק גדולה פי 320 ממסת כדור הארץ, רדיוסו של הכוכב גדול פי 11 מרדיוס כדור הארץ, וזמן הסיבוב מסביב לצירו קטן פי 2.4.

א. מהי תאוצת הכובד על פני הכוכב צדק? (6 נקודות)

ב. אדם שמשקלו על פני כדור הארץ 70 kgf נשקל על פני הצדק.

(I) האם המאזניים מראים מסה או משקל? (5 נקודות)

(II) מה יראו המאזניים? (6 נקודות)

ג. מהי המהירות המינימלית שבה צריך לשגר חללית מפני הכוכב צדק, כדי שתשתחרר מכח המשיכה שלו? (8 נקודות)

ד. לווין נמצא כל הזמן מעל אותה הנקודה על פני צדק

(I) מהו רדיוס הסיבוב שלו? (4 נקודות)

(I) מהי המהירות שלו? (4 1/3 נקודות)

בהצלחה!!!

תשובות סופיות – מבחן מתכונת מספר 5

שאלה מספר 1

א. $E_2 = \frac{m_2 \cdot m_1^2 \cdot g^2 \cdot t^2}{2(m_1+m_2)^2}$

ב. $E_1 = \frac{m_1^3 \cdot g^2 \cdot t^2}{2 \cdot (m_1+m_2)^2} - \frac{m_1^2 \cdot g^2 \cdot t^2}{2 \cdot (m_1 + m_2)}$

ג. $E = E_1 + E_2 = 0$

ד. $W = \frac{1}{2} \cdot (m_1 + m_2) \cdot v^2$

ה. $\mu = \frac{m_1}{m_2}$

שאלה מספר 2

א. יתאפס הכוח הנורמלי

ב. לא

ג. לא

ד. $v_C = \sqrt{g \cdot R}$

ה. $v = \sqrt{g \cdot R[2 + 3 \cdot \sin(\alpha)]}$

שאלה מספר 3

א. $T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{L \cdot \cos(\alpha)}{g}}$

ב. $\frac{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L}}{\sqrt{g}}$

ג. $g = 9.86 \frac{m}{sec^2}$

ד. כדי להגדיל את דיוק המדידה.

ה. מדידת הזווית אינה מדויקת, התנועה אינה נשארת בזווית קבועה, קשה להעריך בדיוק מתי הסתיים סיבוב.

שאלה מספר 4

א. הכדורים יפגשו בנקודת המרכז.
זמן המחזור של שתי המסות שווה:

$$T_2 = 2\cdot\pi\cdot\sqrt{\frac{2\cdot m}{2\cdot k}} = 2\cdot\pi\cdot\sqrt{\frac{m}{k}} \quad ; \quad T_1 = 2\cdot\pi\cdot\sqrt{\frac{m}{k}}$$

התנועה שכל אחד מבצע עד לנקודת המרכז היא רבע זמן מחזור.

ב. המערכת תנוע בתנועה הרמונית פשוטה ימינה.
ג. נקודת שיווי המשקל לא השתנתה.

ד. $T = 2\cdot\pi\cdot\sqrt{\frac{m}{k}}$

ה. $A' = \frac{1}{3}\cdot A$

שאלה מספר 5

א. $g_{\text{צדק}} = 2.64\cdot g$

ב. (I) מאזניים מראים משקל.
(II) $W_{\text{צדק}} = 184.8\ \text{kgf}$

ג. $v_e = 60{,}968\ \frac{m}{sec}$

ד. (I) $R = 1.61\cdot 10^8\ m$

(II) $v = 28{,}169\ \frac{m}{sec}$

תשובות מלאות - מבחן מספר 5

1. א. האנרגיה הקינטית של המסה m_2 הולכת וגדלה. לשם מציאת ביטוי כפונקציה של הזמן, יש למצוא את התאוצה.
נסתכל על המערכת כגוף אחד:

$$\Sigma F = ma$$

$$m_1 \cdot g = (m_1 + m_2) \cdot a$$

$$a = \frac{m_1 \cdot g}{(m_1 + m_2)}$$

$$v_t = v_0 + a \cdot t = a \cdot t = \frac{m_1 \cdot g \cdot t}{m_1 + m_2}$$

האנרגיה הכוללת היא רק האנרגיה הקינטית:

$$E_2 = E_K = \frac{1}{2} \cdot m_2 \cdot v_t^2 = \frac{1}{2} \cdot m_2 \cdot \left[\frac{m_1 \cdot g \cdot t}{m_1 + m_2}\right]^2 = \frac{m_2 \cdot m_1^2 \cdot g^2 \cdot t^2}{2(m_1+m_2)^2}$$

ב. האנרגיה הקינטית של המסה m_1 הולכת וגדלה בדיוק באותו הביטוי.
האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית היא (מישור היחוס הוא בנקודה בה הגוף קיבל את מהירותו ההתחלתית):

$$U_G = m_1 \cdot g \cdot h = m_1 \cdot g \cdot \left[-\frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2\right] = -\frac{m_1 \cdot g}{2} \cdot \frac{m_1}{m_1 + m_2} g \cdot t^2$$

ולכן הביטוי הכללי הוא:

$$E_1 = \frac{m_1 \cdot m_1^2 \cdot g^2 \cdot t^2}{2(m_1+m_2)^2} - \frac{m_1^2 \cdot g^2 \cdot t^2}{2 \cdot (m_1 + m_2)}.$$

ג.

$$E_1 + E_2 = \frac{m_1 \cdot m_1^2 \cdot g^2 \cdot t^2}{2(m_1 + m_2)^2} - \frac{m_1^2 \cdot g^2 \cdot t^2}{2 \cdot (m_1 + m_2)} + \frac{m_2 \cdot m_1^2 \cdot g^2 \cdot t^2}{2(m_1 + m_2)^2}$$

$$E_1 + E_2 = \frac{(m_1+m_2) \cdot m_1^2 \cdot g^2 \cdot t^2}{2(m_1 + m_2)^2} - \frac{m_1^2 \cdot g^2 \cdot t^2}{2 \cdot (m_1 + m_2)}$$

$$E_1 + E_2 = \frac{m_1^2 \cdot g^2 \cdot t^2}{2 \cdot (m_1 + m_2)} - \frac{m_1^2 \cdot g^2 \cdot t^2}{2 \cdot (m_1 + m_2)} = 0$$

כל האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית שאובדת הופכת לאנרגיה קינטית של שתי המסות.

ד. העבודה שהושקעה בנתינת המהירות התחלתית שווה לתוספת האנרגיה הקינטית של המערכת. מאחר והמערכת היתה במנוחה, זוהי האנרגיה הקינטית לאחר נתינת המהירות ההתחלתית:

$$W = \Delta E = E_2 - E_1 = \frac{1}{2} \cdot m_1 \cdot v^2 + \frac{1}{2} \cdot m_2 \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot (m_1 + m_2) \cdot v^2$$

ה. כדי שמעבר האנרגיה יהיה לחום, המהירות צריכה להיות קבועה:

$$\Sigma F = 0$$

$$m_1 \cdot g - f = 0$$

$$m_1 \cdot g = \mu \cdot N_2 = \mu \cdot m_2 \cdot g$$

$$\mu = \frac{m_1}{m_2}$$

---

2. א בנקודה B יתאפס הכוח הנורמלי, היינו המשטח כבר לא יפעיל כוח כי היה ניתוק.

ב. לא, מאחר שהכוח הנורמלי אינו יכול להתאפס. הסיבה היא שהמשקל הפועל תמיד כלפי מטה, גורם לגוף ללחוץ על המשטח.

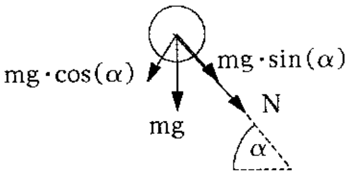
ג. לא. כאשר מבחינה אנרגטית, האנרגיה הכוללת של הגוף היא כזו שבגובה של שיא הגובה המהירות היא אפס, תהיה נקודה לאורך הדרך, לפני שיא הגובה, בה הגוף יתנתק.

ד. המהירות המינימלית כדי שהגוף לא יתנתק בשיא הגובה נקראת המהירות הקריטית. (פירוט מלא על המהירות הקריטית ניתן לקרוא בעמ' 318 של ספר המכניקה).

נניח שהגוף מתנתק בשיא הגובה $(N = 0)$. נסמן את המהירות ב- v_C.

$$mg = m \cdot \frac{v_C^2}{R} \implies v_C = \sqrt{g \cdot R}$$

ה. נסתכל על תרשים הכוחות בנקודה כלשהיא בין הנקודה A לנקודה B



כאשר הכוח הנורמלי מתאפס:

$$mg \cdot \sin(\alpha) = m \cdot \frac{v^2}{R}$$

נסמן את המהירות ברגע הניתוק ב- v_α.

$$v_\alpha = \sqrt{g \cdot R \cdot \sin(\alpha)}$$

מהירות זו קשורה למהירות v שקיבל הגוף בתחתית המסלול על פי חוק שימור האנרגיה:

$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_\alpha^2 + m \cdot g \cdot h$$

$$v^2 = v_\alpha^2 + 2 \cdot g \cdot h$$

הגובה h הוא:

$$h = R + R \cdot \sin(\alpha)$$

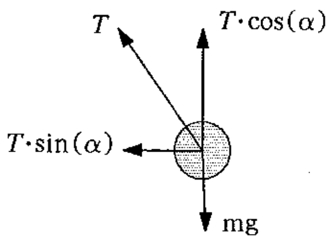
$$v^2 = v_\alpha^2 + 2 \cdot g \cdot [R + R \cdot \sin(\alpha)]$$

נציב את הביטוי שמצאנו ל- v_α:

$$v^2 = g \cdot R \cdot \sin(\alpha) + 2 \cdot g \cdot R + 2 \cdot g \cdot R \cdot \sin(\alpha)$$

$$v = \sqrt{g \cdot R[2 + 3 \cdot \sin(\alpha)]}$$

3. א. נסתכל על הכוחות הפועלים על הכדור:



בציר Y אין תנועה. התנועה כולה נעשית במישור.

$T\cdot\cos(\alpha) = m\cdot g$

הכוח הצנטריפטלי הוא שקול הכוחות כלפי מרכז המעגל:

$T\cdot\sin(\alpha) = m\cdot\omega^2\cdot R$

רדיוס הסיבוב הוא: $R = L\cdot\sin(\alpha)$

ולכן: $T = m\cdot\omega^2\cdot L$

$[m\cdot\omega^2\cdot L]\cdot\cos(\alpha) = m\cdot g$

$$\omega^2 = \frac{g}{L\cdot\cos(\alpha)}$$

נציב את הביטוי למהירות הזוויתית $\omega = \frac{2\cdot\pi}{T}$ ונקבל:

$$T = 2\cdot\pi\cdot\sqrt{\frac{L\cdot\cos(\alpha)}{g}}$$

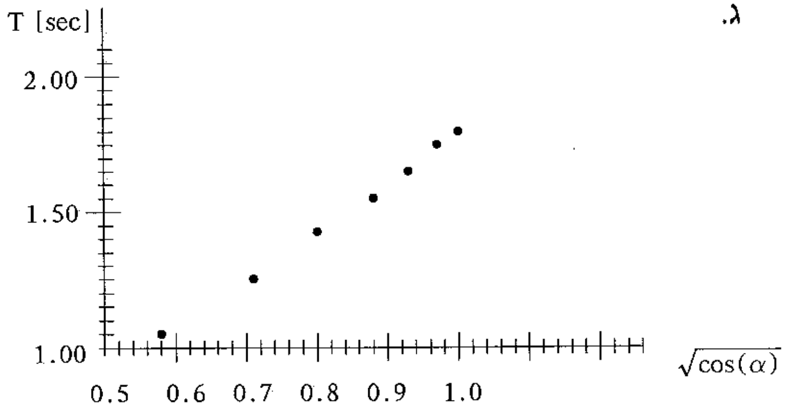
(פירוט נוסף בספר המכניקה עמוד 301)

ב.

$10\cdot T$ [sec]	α [deg]	T [sec]	$\sqrt{\cos(\alpha)}$
17.9	5	1.79	0.998
17.8	10	1.78	0.992
17.4	20	1.74	0.969
16.7	30	1.67	0.931
15.7	40	1.57	0.875
14.4	50	1.44	0.802
12.7	60	1.27	0.707
10.5	70	1.05	0.585

השיפוע של הגרף של T כפונקציה של $\sqrt{\cos(\alpha)}$ הוא $\frac{2\cdot\pi\cdot\sqrt{L}}{\sqrt{g}}$

ג.



במעבדה, בניסוי אמיתי, אין לחשב שיפוע בעזרת שתי נקודות ניסוי אלא רק לאחר שרטוט הקו הישר למצוא שתי נקודות עליו.

$$a = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{1.79 - 1.05}{0.998 - 0.585} = 1.79 \text{ sec}$$

$$a = \frac{2\cdot\pi\cdot\sqrt{L}}{\sqrt{g}} \quad \Longrightarrow \quad g = \frac{4\cdot\pi^2\cdot L}{a^2} = \frac{4\cdot\pi^2\cdot 0.8}{1.79^2} = 9.86 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$$

ד. כדי להגדיל את דיוק המדידה. דיוק מכשיר המדידה (במקרה זה - שעון העצר) הוא קבוע והשגיאה מתחלקת על מספר הסיבובים.

ה. מדידת הזווית אינה מדויקת, התנועה אינה נשארת בזווית קבועה, קשה להעריך בדיוק מתי הסתיים סיבוב.

4. א. הכדורים יפגשו בנקודת המרכז.
זמן המחזור של שתי המסות שווה:

$$T_2 = 2\cdot\pi\cdot\sqrt{\frac{2\cdot m}{2\cdot k}} = 2\cdot\pi\cdot\sqrt{\frac{m}{k}} \quad ; \quad T_1 = 2\cdot\pi\cdot\sqrt{\frac{m}{k}}$$

התנועה שכל אחד מבצע עד לנקודת המרכז היא רבע זמן מחזור.

ב. המערכת תנוע בתנועה הרמונית פשוטה. תחילת התנועה תהיה ימינה, מאחר והתנע של המסה של 2m גדול יותר. (המהירות של שתי המסות בנקודת המרכז שווה בגודלה, אבל המסה שונה)

ג. נקודת שיווי המשקל לא השתנתה. בנקודת המרכז שני הקפיצים רפויים, כך ששקול הכוחות שווה לאפס.

ד. המסה החדשה היא סכום המסות, והקפיץ השקול הוא סכום הקפיצים, כך שמתקבל אותו זמן מחזור כמו למסות הבודדות:

$$T = 2\cdot\pi\cdot\sqrt{\frac{m + 2m}{k + 2k}} = 2\cdot\pi\cdot\sqrt{\frac{m}{k}}$$

ה. נחשב את המהירות לאחר ההתנגשות בעזרת חוק שימור התנע. נשתמש בעובדה שהמהירות ברגע המפגש היא המהירות המכסימלית של תנועה הרמונית הנתונה בביטוי:

$$v_{max} = \omega\cdot A = \sqrt{\frac{k}{m}}\cdot A$$

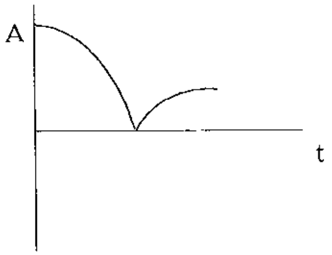
$$2\cdot m\cdot\sqrt{\frac{k}{m}}\cdot A - m\cdot\sqrt{\frac{k}{m}}\cdot A = 3\cdot m\cdot U$$

$$U = \frac{1}{3}\cdot\sqrt{\frac{k}{m}}\cdot A$$

מהירות זו היא המהירות מכסימלית, של התנועה החדשה, ולכן:

$$U = \sqrt{\frac{m}{k}}\cdot A' = \frac{1}{3}\cdot\sqrt{\frac{m}{k}}\cdot A \quad \Longrightarrow \quad A' = \frac{1}{3}\cdot A$$

ו. ההעתק בתנועה הרמונית מתאפס בנקודת שיווי המשקל. המסה m היתה בתנועה שמאלה לפני ההתנגשות, ולאחריה היא בתנועה ימינה, באותו זמן מחזור ובמשרעת קטנה פי שלוש.



5. א. הנתונים הם:

$$M_{צדק} = 320 \cdot M_{ארץ} \;;\; R_{צדק} = 11 \cdot R_{ארץ} \;;\; T_{צדק} = \frac{T_{ארץ}}{2.4}$$

תאוצת הכובד נתונה בנוסחה (ההוכחה בספר המכניקה עמוד 444):

$$g = G \cdot \frac{M}{R^2}$$

$$g_{צדק} = \frac{G \cdot M_{צדק}}{R^2_{צדק}} = \frac{G \cdot 320 \cdot M_{ארץ}}{[11 \cdot R_{ארץ}]^2} = 2.64 \cdot \frac{G \cdot M_{ארץ}}{R^2_{ארץ}} = 2.64 \cdot g$$

ב. (I) מאזניים מראים משקל, מאחר והם מופעלים על ידי כוח.
(II) על פני כדור הארץ הערך של משקל גוף ב- kgf שווה לערך של מסתו, ולכן מסת האדם היא 70 kg.
משקלו על פני הכוכב צדק הוא:

$$W_{צדק} = m \cdot g_{צדק} = m \cdot 2.64 \cdot g = 70 \cdot 2.94 \cdot 10 = 1840\,N = 184.8\ kgf$$

ג. המהירות המינימלית, מהירות המילוט, נתונה בנוסחה (ההוכחה בספר המכניקה עמוד 455) :

$$v_e = \sqrt{2 \cdot g_{צדק} \cdot R_{צדק}} = \sqrt{2 \cdot 2.64 \cdot g \cdot 11 \cdot 6.4 \cdot 10^6} = 60{,}968\ \frac{m}{sec}$$

ד. (I) רדיוס הסיבוב קשור לזמן המחזור בנוסחה (ההוכחה בספר המכניקה עמוד 457):

$$T^2 = \frac{4\cdot\pi^2}{G\cdot M}\cdot R^3$$

$$R = \left[\frac{G\cdot M}{4\cdot\pi^2}\cdot T^2\right]^{1/3} = \left[\frac{G\cdot 320\cdot M_{\text{ארץ}}}{4\cdot\pi^2}\cdot\left(\frac{T_{\text{ארץ}}}{2.4}\right)^2\right]^{1/3}$$

$$R = \left[\frac{6.67\cdot 10^{-11}\cdot 320\cdot 6\cdot 10^{24}}{4\cdot\pi^2}\cdot\left(\frac{24\cdot 60\cdot 60}{2.4}\right)^2\right]^{1/3} = 1.61\cdot 10^8\ \text{m}$$

(II) מהירות לווין נתונה בנוסחה (ההוכחה בספר המכניקה עמוד 456):

$$v = \sqrt{\frac{G\cdot M}{R}}$$

כאשר R הוא רדיוס הסיבוב.

$$v = \sqrt{\frac{G\cdot M}{R}} = \sqrt{\frac{6.67\cdot 10^{-11}\cdot 320\cdot 6\cdot 10^{24}}{1.61\cdot 10^8}} = 28{,}169\ \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

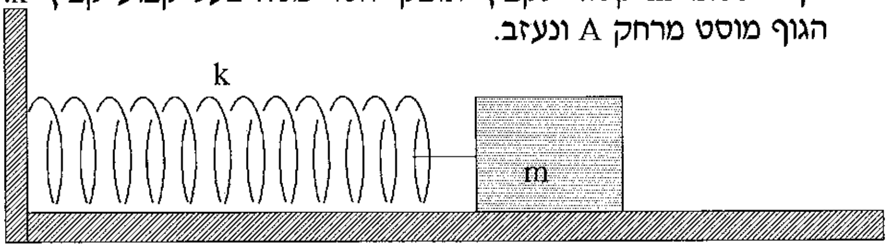
מבחן מתכונת מספר 6

משך הבחינה: שעה וחצי

מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה חמש שאלות. מתוכן עליך לענות על שלוש שאלות בלבד.

לכל שאלה - $33\frac{1}{3}$ נקודות. מספר הנקודות לכל סעיף רשום בסופו.

1. גוף שמסתו m קשור לקפיץ אופקי חסר מסה בעל קבוע קפיץ k. הגוף מוסט מרחק A ונעזב.



א. (I) מהו הקשר בין תאוצת הגוף והמרחק מנקודת שיווי המשקל? (3 נקודות)
(II) שרטט/י גרף של התאוצה של הגוף כפונקציה של המרחק מנקודת שיווי המשקל. (3 1/3 נקודות)

ב. (I) מהו הקשר בין ריבוע המהירות וריבוע המרחק מנקודת שיווי המשקל? (3 נקודות)
(II)שרטט/י גרף של ריבוע המהירות כפונקציה של ריבוע המרחק מנקודת שיווי המשקל. (3 נקודות)

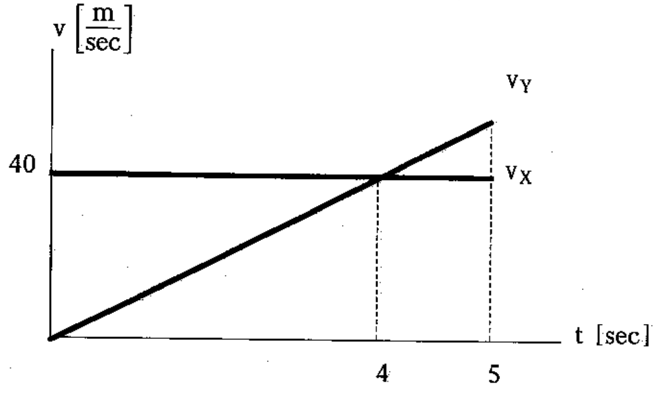
ג. מצא/י ביטוי לריבוע מהירות הגוף כפונקציה של הזמן. (6 נקודות)

ד. מצא/י ביטוי לריבוע העתק הגוף כפונקציה של הזמן. (6 נקודות)

ה. מצא/י ביטוי התלוי במהירות הגוף ובהעתקו שאינו משתנה בזמן. (6 נקודות)

ו. מהי המשמעות הפיסיקאלית של הביטוי שמצאת בסעיף ה'? (3 נקודות)

2. נתון גרף המתאר את רכיבי X ו-Y של כדור שנזרק לאויר. לאחר 5 sec מסתיימת התנועה.



א. תאר/י במילים את התנועה של הגוף (3 1/3 נקודות)

ב. מהי המהירות הזריקה (גודל וזווית) (4 נקודות)

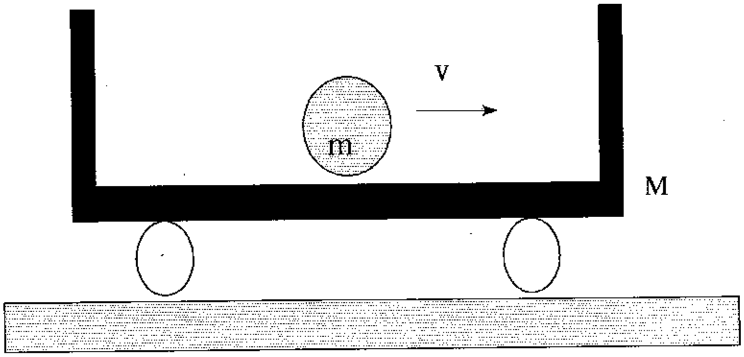
ג. מהו הגובה ממנו נזרק הגוף? כיצד גובה זה מתבטא בגרף? (9 נקודות)

ד. מהו המרחק האופקי שעבר הגוף עד לפגיעה בקרקע? כיצד מרחק זה מתבטא בגרף? (9 נקודות)

ה. האם התנגדות האויר זניחה? (4 נקודות)

ו. מהי המשמעות של הנקודה בה חוצים שני הקווים זה את זה? (4 נקודות)

3. כדור שמסתו m נמצא בתוך עגלה שמסתה M=3m. דפנות העגלה אלסטיות לחלוטין, רצפת העגלה חסרת חיכוך, ואין חיכוך בין העגלה והקרקע. הכדור מקבל מהירות התחלתית v ביחס לקרקע.



א. מהי מהירות המסות m ו- M לאחר ההתנגשות הראשונה? (5 נקודות)

ב. מהי מהירות המסות m ו- M לאחר ההתנגשות השניה? (5 נקודות)

ג. תאר/י במילים את התנועה (3 1/3 נקודות)

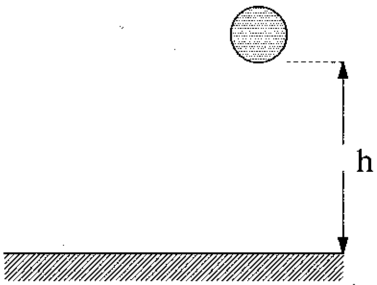
ד. האם נשמר התנע הקווי במהלך התנועה? <u>הסבר/י</u> (5 נקודות)

ה. האם נשמרת האנרגיה המכנית במהלך התנועה? <u>הסבר/י</u> (5 נקודות)

ו. האם זוהי תנועה הרמונית? <u>הסבר/י</u> (5 נקודות)

ז. מהי מהירות מרכז המסה בתחילת התנועה, וכיצד היא משתנה במהלך התנועה. (5 נקודות)

4. בניסוי למדידת תאוצת הכובד הופל גוף מגובה h ונמדד הזמן עד להגעתו לארץ.



התוצאות מרוכזות בטבלה הבאה:

h [cm]	t [sec]
30	0.25
45	0.3
60	0.35
75	0.39
90	0.43
105	0.46

א. מהו הקשר המתמטי בין שני המשתנים, אם נזניח את התנגדות האוויר? (6 נקודות)

ב. כיצד ניתן לשרטט גרף לינארי בעזרת הנתונים? (6 נקודות)

ג. הוסף/הוסיפי טורים לטבלה כעזר לשרטוט הגרף. (3 1/3 נקודות)

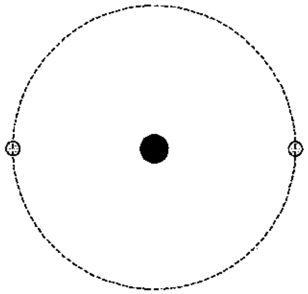
ד. שרטט/י את הגרף ומצא/י מהשיפוע את תאוצת הכובד. (5 נקודות)

ה. כיצד היה נראה הגרף, באופן איכותי, אם התנגדות האויר לא היתה זניחה? (4 נקודות)

ו. מהו הדיוק של שעון המדידה ושל הסרגל? (4 נקודות)

ז. אם הניסוי היה נעשה על הירח מאותם הגבהים, האם השגיאה היחסית בניסוי היתה משתנה? (5 נקודות)

5. שני לוינים בעלי מסה של 100kg הושמו בטעות באותו מסלול בגובה של 100km מעל פני כדור הארץ, במרחק של קוטר המסלול זה מזה.



א. אם כיוון התנועה שלהם זהה, תוך כמה זמן יפגשו? (4 1/3 נקודות)

ב. אם כיוון התנועה שלהם הפוך, תוך כמה זמן יפגשו? (5 נקודות)

ג. במקרה שיפגשו ויתנגשו התנגשות פלסטית, באיזו מהירות יפגעו בפני כדור הארץ? (8 נקודות)

ד. במקרה שיפגשו ויתנגשו התנגשות אלסטית לחלוטין, מהו זמן המחזור של כל אחד מהם? (נניח שזמן ההתנגשות עצמו הוא זניח) האם התנועה היא תנועה הרמונית? (8 נקודות)

ה. כמה אנרגיה מכנית אובדת בכל אחת מההתנגשויות המתוארות בסעיפים ג' ו-ד'? (8 נקודות)

בהצלחה!!!

תשובות סופיות – מבחן מתכונת מספר 6

שאלה מספר 1

א. $a = -\frac{k}{m} \cdot x$

ב. $v^2 = \frac{k}{m}\left(A^2 - x^2\right)$ (I)

ג. $v^2 = \omega^2 \cdot A^2 \cdot \sin^2(\omega t)$

ד. $^2 = A^2 \cdot \cos^2(\omega t)$

ה. $v^2 + \omega^2 x^2 = \omega^2 \cdot A^2$

ו. האנרגיה הכוללת של הגוף שנשארת קבועה במהלך התנועה.

שאלה מספר 2

א. הגוף נזרק בזריקה אופקית.

ב. מהירות הזריקה היא בכיוון X בלבד והיא $40 \frac{m}{sec}$.

ג. $Y = 125\ m$
הגובה ממנו נזרק הגוף מתבטא בשטח שמתחת לגרף המהירות האנכית כפונקציה של הזמן.

ד. $R = 40 \cdot 5 = 200\ m$
המרחק האופקי שעובר הגוף מתבטא בשטח שמתחת לגרף המהירות האופקית כפונקציה של הזמן:

ה. כן. התנגדות האויר זניחה מאחר והתאוצה האנכית של הגוף היא תאוצת הכובד.

ו. בנקודה בה נפגשים שני הקוים המתארים את המהירויות, המהירויות שוות בגודלן, ולכן במצב זה הזווית בה נמצא הגוף היא 45^0 ביחס לריצפה.

שאלה מספר 3

א. $U = \frac{v}{2}$; $u = -\frac{v}{2}$

ב. $U' = 0$; $u' = v$

ג. לאחר כל התנגשות אי זוגית נעות שתי המסות זו לעומת זו, ולאחר כל התנגשות זוגית עוצרת העגלה והכדור נע לעברה.

ד. התנע הקווי הכולל נשמר.

ה. האנרגיה המכנית הכוללת נשמרת.

ו. התנועה היא תנועה מחזורית, אבל לא הרמונית.

ז. $v_{C.M.} = \frac{v}{4}$

שאלה מספר 4

א. $h = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$

ב. גרף של h פונקציה של t^2.

ד. $g = 10.02 \frac{m}{sec^2}$

ה. השיפוע היה נמוך יותר.

ו. הדיוק של שעון המדידה הוא 0.01 sec
הדיוק של הסרגל הוא 1 cm, או 5 cm.

ז. השגיאה היחסית היתה גדולה יותר.

שאלה מספר 5

א. לא יפגשו לעולם.

ב. $t = 1,301$ sec

ג. $v = 1,387 \frac{m}{sec}$

ד. $T = 5,204$ sec

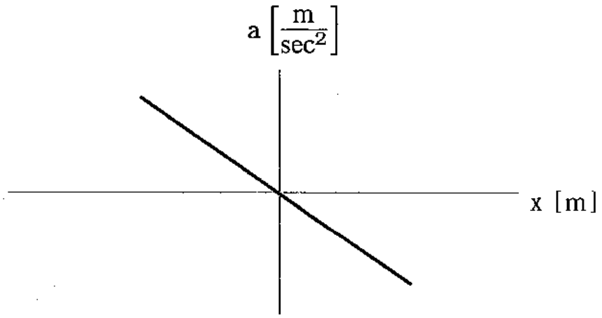
ה. $\Delta E = 6.16 \cdot 10^9$ J (I) $\Delta E = 0$ (II)

תשובות מלאות - מבחן מתכונת מספר 6

1. א. (I) תאוצת הגוף קשורה באופן לינארי למרחק מנקודת שיווי המשקל, כאשר כיוון התאוצה הפוך לכיוון ההעתק:

$$a = -\frac{k}{m} \cdot x$$

(II) בתחילת התנועה התאוצה היא מכסימלית, אבל שלילית, ולכן:

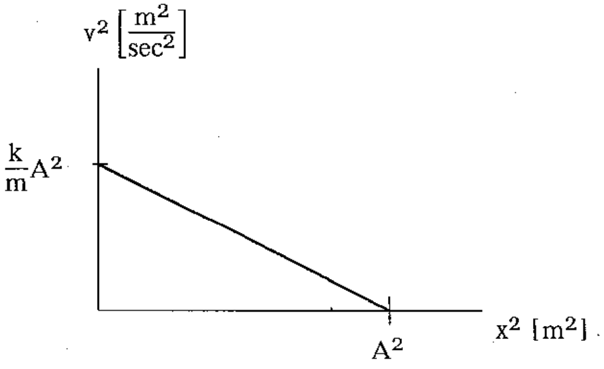


ב. (I) הקשר בין ריבוע המהירות ובין ריבוע המרחק מנקודת שיווי המשקל ניגזר מחוק שימור האנרגיה. האנרגיה בהנקודת השחרור (אנרגיה פוטנציאלית אלסטית בלבד) שווה לאנרגיה הכוללת בכל נקודה בתנועה:

$$\frac{1}{2} \cdot k \cdot A^2 = \frac{1}{2} \cdot k \cdot x^2 + \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

$$v^2 = \frac{k}{m}\left(A^2 - x^2\right)$$

(II)



ג. מאחר וברגע הראשון המהירות היא אפס, תתואר המהירות על ידי פונקצית sin . מאחר ובתחילת התנועה כיוון המהירות הוא שלילי, הביטוי יהיה עם סימן (-)

$v = -v_{max} \cdot \sin(\omega t)$

מאחר והמהירות המכסימלית היא $v_{max}=\omega A$, הביטוי לריבוע המהירות הוא:

$v^2 = \omega^2 \cdot A^2 \cdot \sin^2(\omega t)$

ד. מאחר וברגע הראשון ההעתק הוא מכסימלי, יתואר ההעתק על ידי פונקצית cos .

$x = x_{max} \cdot \cos(\omega t)$

מאחר ו- $x_{max} = A$ נקבל:

$x^2 = A^2 \cdot \cos^2(\omega t)$

ה. $v^2 + \omega^2 x^2 = \omega^2 \cdot A^2 \cdot \sin^2(\omega t) + \omega^2 \cdot A^2 \cdot \cos^2(\omega t) = \omega^2 \cdot A^2$

ו. הביטוי הוא, כפי שמצאנו בסעיף ב', צורה אחרת לכתיבת האנרגיה הכוללת של הגוף שנשארת קבועה במהלך התנועה.

---

2. א. הגוף נזרק בזריקה אופקית. מהירותו בציר X קבועה כי לא פועל עליו כוח בציר זה. בציר Y הגוף נע בתאוצה קבועה.

ב. מהירות הזריקה היא בכיוון X בלבד והיא $40\ \frac{m}{sec}$.

ג. נמצא את התאוצה בציר Y.

$v_{0\,Y} = 0\ ;\ t = 4\ sec\ ;\ v_Y = 40\ \frac{m}{sec}$

$v = v_0 + a \cdot t \implies a = \frac{v - v_0}{t} = \frac{40 - 0}{4} = 10\ \frac{m}{sec^2}$

$Y = Y_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$

$Y = 0 + 0 \cdot 5 + \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 5^2 = 125\ m$

הגובה ממנו נזרק הגוף מתבטא בשטח שמתחת לגרף המהירות האנכית כפונקציה של הזמן.

ד. המרחק האופקי שעובר הגוף מתבטא בשטח שמתחת לגרף המהירות האופקית כפונקציה של הזמן:

$R = 40 \cdot 5 = 200 \text{ m}$

ה. כן. התנגדות האויר זניחה מאחר והתאוצה האנכית של הגוף היא תאוצת הכובד.

ו. בנקודה בה נפגשים שני הקוים המתארים את המהירויות, המהירויות שוות בגודלן, ולכן במצב זה הזווית בה נמצא הגוף היא 45^0 ביחס לריצפה.

3. א. כתוצאה מההתנגשות ינוע הכדור שמאלה, והעגלה תנוע ימינה. נסמן את מהירות הכדור לאחר ההתנגשות הראשונה ב- u ואת מהירות העגלה ב- U.

מחוק שימור התנע הקווי: $m \cdot v = m \cdot u + M \cdot U$

$m \cdot v = m \cdot u + 3 \cdot m \cdot U$

$v = u + 3 \cdot U$

מחוק שימור האנרגיה הקינטית: $v + u = U$

נציב ונקבל: $v = u + 3 \cdot (v + u)$

$-2 \cdot v = 4 \cdot u \implies u = -\frac{v}{2}$

$U = v + u = v + -\frac{v}{2} = \frac{v}{2}$

ב. בהתנגשות השניה, הפעם בדופן השמאלית:

מחוק שימור התנע הקווי: $m \cdot \left(-\frac{v}{2}\right) + M \cdot \left(\frac{v}{2}\right) = m \cdot u' + M \cdot U'$

$$m \cdot \left(-\frac{v}{2}\right) + 3m \cdot \left(\frac{v}{2}\right) = m \cdot u' + 3m \cdot U'$$

$\left(-\frac{v}{2}\right) + 3 \cdot \left(\frac{v}{2}\right) = u' + 3 \cdot U'$

$v = u' + 3 \cdot U'$

מחוק שימור האנרגיה הקינטית:

$$-\frac{v}{2} + u' = \frac{v}{2} + U'$$

$$u' = v + U'$$

נציב ונקבל:

$$v = v + U' + 3\cdot U'$$

$$0 = 4\cdot U' \implies U' = 0$$

$$u' = v + U' = v$$

ג. לאחר כל התנגשות אי זוגית נעות שתי המסות זו לעומת זו, ולאחר כל התנגשות זוגית עוצרת העגלה והכדור נע לעברה.

ד. התנע הקווי הכולל נשמר מאחר ולא פועלים כוחות חיצוניים על המערכת.

ה. האנרגיה המכנית הכוללת נשמרת, מאחר וכל ההתנגשויות הן אלסטיות לחלוטין, ואין כוחות חיצוניים הפועלים על המערכת.

ו. התנועה היא תנועה מחזורית, אבל לא הרמונית, מאחר ולא פועל על הכדור במהלך התנועה כוח הפרופורציוני להעתק.

ז. $$v_{C.M.} = \frac{m\cdot v + M\cdot 0}{m + M} = \frac{m\cdot v}{m + 3m} = \frac{v}{4}$$

מהירות זו נשארת קבועה מאחר וכל זמן שלא פועלים כוחות חיצוניים נשארת מהירות מרכז המסה קבועה.

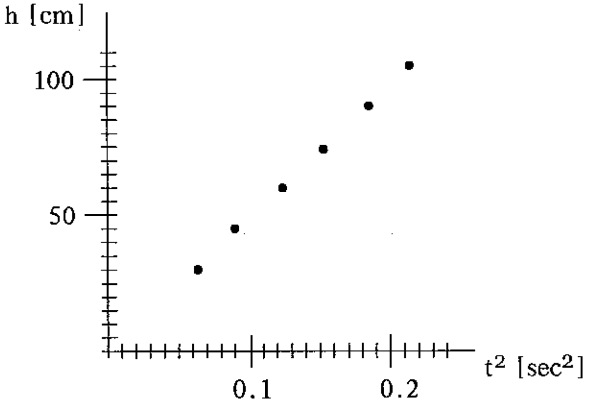
4. א. הגוף נופל בהשפעת תאוצת הכוכב בלבד: $h = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$

ב. ניתן לשרטט גרף של h פונקציה של t^2.

ג.

h [cm]	t [sec]	t^2 [sec^2]
30	0.25	0.0625
45	0.3	0.09
60	0.35	0.1225
75	0.39	0.152
90	0.43	0.185
105	0.46	0.212

ד.



$$a = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{105 - 30}{0.212 - 0.0625} = 501.67 \frac{cm}{sec^2} = 5.01 \frac{m}{sec^2}$$

$$a = \frac{1}{2} \cdot g \implies g = 2 \cdot a = 2 \cdot 5.01 = 10.02 \frac{m}{sec^2}$$

ה. השיפוע היה נמוך יותר כי התאוצה היתה קטנה יותר.

ו. הדיוק של שעון המדידה הוא 0.01 sec, לפי הדיוק של התוצאה.
הדיוק של הסרגל הוא 1 cm, או אולי 5 cm. אי אפשר לדעת לפי הנתונים.

ז. השגיאה היחסית היתה גדולה יותר מאחר ודיוק המכשיר לא משתנה והערך של תוצאת המדידה נמוך יותר.

5. א. אם כיוון התנועה שלהם הוא זהה הם לא יפגשו לעולם.

ב. הזמן עד למפגש הוא רבע זמן מחזור.

$$T^2=\frac{4\cdot\pi^2}{G\cdot M}\cdot R^3=\frac{4\cdot\pi^2}{6.67\cdot10^{-11}\cdot6\cdot10^{24}}\cdot\left[6.4\cdot10^6+1\cdot10^5\right]^3=2.7\cdot10^7\ \text{sec}^2$$

$$t=\frac{T}{4}=\frac{\sqrt{T^2}}{4}=\frac{\sqrt{2.7\cdot10^7}}{4}=1{,}301\ \text{sec}$$

ג. לאחר ההתנגשות מהירותם היא אפס, מאחר ומהירותם לפני ההתנגשות זהה בגודלה והפוכה בכיוונה ומסתם זהה.

נחשב את מהירות הפגיעה בקרקע משיקולי אנרגיה:

$$E_A=E_B\quad\Rightarrow\quad\frac{-G\cdot M\cdot 2m}{R}=\frac{-G\cdot M\cdot 2m}{R_0}+\frac{1}{2}\cdot 2m\cdot v^2$$

$$v=\sqrt{2\cdot G\cdot M\cdot\left[\frac{1}{R_0}-\frac{1}{R}\right]}$$

$$v=\sqrt{2\cdot6.67\cdot10^{-11}\cdot6\cdot10^{24}\cdot\left[\frac{1}{6.4\cdot10^6}-\frac{1}{6.4\cdot10^6+1\cdot10^5}\right]}$$

$$v=1{,}387\ \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

ד. זמן המחזור, היינו חזרה לאותו המקום באותה המהירות (גודל וכיוון) מתרחש בדיוק לאחר מחזור רגיל של תנועה, מאחר והמרחק הוא של מסלול שלם:

$$T=\sqrt{2.7\cdot10^7}=5{,}204\ \text{sec}$$

ה. (I) כאשר ההתנגשות היא פלסטית, אובדת כל האנרגיה הקינטית.
נחשב את מהירות הלווין:

$$v=\sqrt{\frac{G\cdot M}{R}}=\sqrt{\frac{6.67\cdot10^{-11}\cdot6\cdot10^{24}}{6.4\cdot10^6+1\cdot10^5}}=7{,}847\ \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

$$\Delta E=2\cdot\left[\frac{1}{2}\cdot m\cdot v^2\right]=100\cdot7847^2=6.16\cdot10^9\ \text{J}$$

(II) כאשר ההתנגשות היא התנגשות אלסטית לחלוטין לא אובדת כלל אנרגיה.

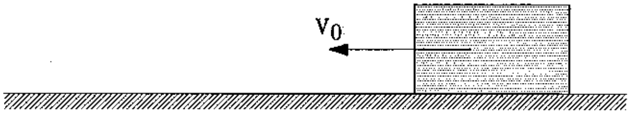
מבחן מתכונת מספר 7

משך הבחינה: שעה וחצי

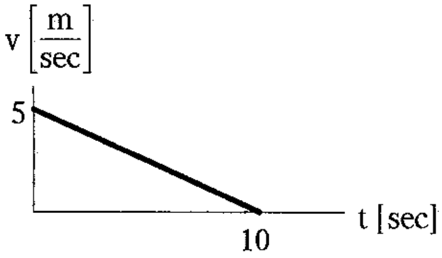
מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה חמש שאלות. מתוכן עליך לענות על שלוש שאלות בלבד.

לכל שאלה - $33\frac{1}{3}$ נקודות. מספר הנקודות לכל סעיף רשום בסופו.

1. גוף שמסתו 4 kg מקבל מהירות התחלתית על גבי מישור לא חלק.



גרף המהירות של הגוף, כפונקציה של הזמן, ניתן בגרף הבא:



א. מצא/י ביטוי מתמטי למהירות הגוף כפונקציה של הזמן. (6 1/3 נקודות)

ב. מהו מקדם החיכוך? (4 נקודות)

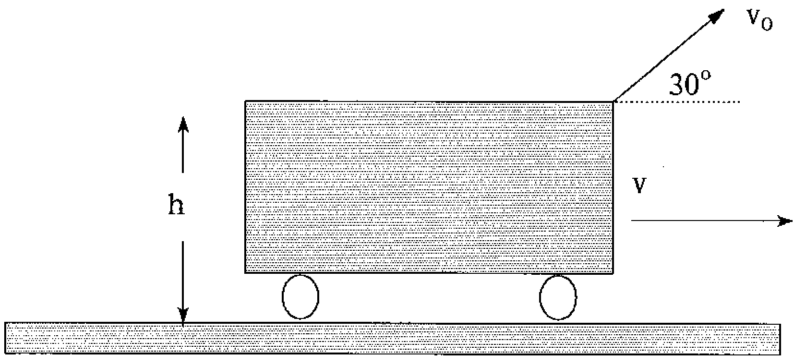
ג. כיצד היה נראה הגרף אם החיכוך היה גדול יותר? (4 נקודות)

ד. כמה עבודה הושקעה בנתינת המהירות ההתחלתית? (4 נקודות)

ה. כמה חום נוצר במהלך העצירה? (6 נקודות)

ו. מצא/י ביטוי מתמטי לכמות החום שנוצרה כפונקציה של הזמן מתחילת העצירה. (9 נקודות)

2. קרונית שמסתה M ושגובהה מן הרצפה h נעה במהירות קבועה v. בקרונית כדור שמסתו M/8 (לא כלול במסת הקרונית). הכדור נזרק במהירות v/4 ובזווית של 30^o יחסית לקרונית.



א. מהי מהירות הזריקה של הכדור (גודל וזווית) ביחס לריצפה? (8 1/3 נקודות)

ב. מהי מהירות הקרונית לאחר זריקת הכדור? (5 נקודות)

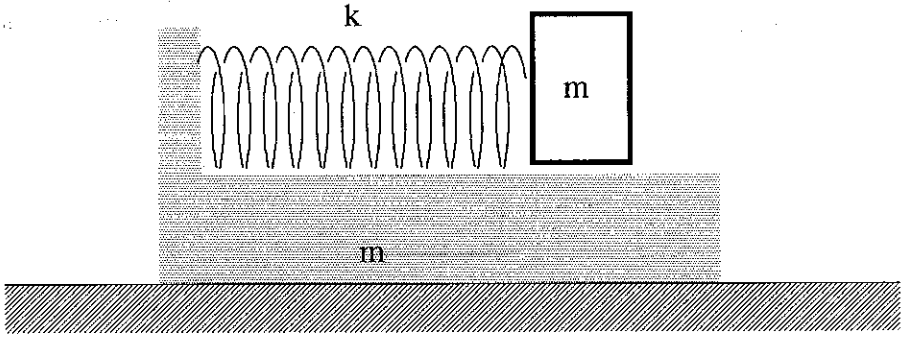
ג. מהי מהירות מרכז המסה של המערכת לפני זריקת הכדור? (4 נקודות)

ד. מהי מהירות מרכז המסה של המערכת אחרי זריקת הכדור? (בטא/י כל רכיב בנפרד) (6 נקודות)

ה. מדוע השתנתה מהירות מרכז המסה? (4 נקודות)

ו. האם אדם הנמצא על הקרונית ואדם הנמצא על הריצפה יציירו תרשים כוחות זהה לכדור כשהוא באוויר? (6 נקודות)

3. מסה m מונחת על מסה זהה m. בין המסות מחובר קפיץ חסר מסה. אין כלל חיכוך בין המשטחים. מסיטים את המסה m מרחק A ימינה ומשחררים את המערכת כאשר שתי המסות במנוחה.



א. האם נשמר התנע הקווי של המערכת בזמן התנועה הנוצרת? הסבר/י (6 1/3 נקודות)

ב. האם נשמרת האנרגיה המכנית הכוללת של המערכת במהלך התנועה? הסבר/י (5 נקודות)

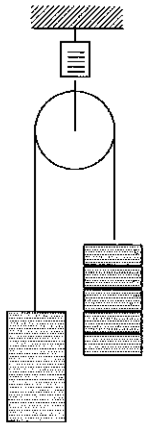
ג. מהי מהירות מרכז המסה של המערכת ברגע השחרור, וכיצד היא משתנה במהלך הזמן? (6 נקודות)

ד. תאר/י במילים את התנועה הנוצרת. (8 נקודות)

ה. מהי המהירות המירבית של כל אחת מהמסות? (8 נקודות)

4. בניסוי למדידת תאוצת הכובד g, ניתלו שני מיתקנים דרך גלגלת (מכונת אטווד). על השמאלי מסה קבועה ועל הימני חמש מסות של 1kg כל אחת. מסה של 1kg הוצאה בכל פעם מהמיתקן הימני ונמדדה המתיחות בחבל המחזיק את הגלגלת (מסת הגלגלת זניחה) עד שנשארה מסה של 1kg בצד ימין. התוצאות שהתקבלו הן:

m_1 [kg]	T [N]
5	99
4	88
3	74
2	57
1	33



א. איזה הנחות אנחנו מניחים בבואנו לחשב את תאוצת הכובד מן המערכת המתוארת? (6 נקודות)

ב. מהו הקשר המתמטי בין המתיחות בחבל המחזיק את הגלגלת ובין תאוצת הכובד? (8 נקודות)

ג. כתוב/כתבי מחדש את הביטוי כך שניתן יהיה לשרטט גרף לינארי ומשיפועו לחשב את תאוצת הכובד (רמז - יש לבודד את $1/T$) (3 1/3 נקודות)

ד. הוסף/הוסיפי לגרף טורים נוספים כך שניתן יהיה לשרטט גרף לינארי בעזרת תוצאות הניסוי. שרטט/י גרף וחשב/י משיפועו את תאוצת הכובד שנמדדה. (8 נקודות)

ה. חשב/י מן הגרף את ערכה של המסה השמאלית. (5 נקודות)

ו. כיצד היו משתנות התוצאות אם הניסוי היה נעשה על הירח? (3 נקודות)

5. כוכב לכת דמיוני בעל רדיוס R מסתובב סביב צירו בזמן מחזור T. על הקו המשווה של הכוכב שווה משקלו של גוף לאפס.

א. כיצד יתכן שלמרות שיש לכוכב מסה, יהיה המשקל על פניו שווה לאפס? (6 1/3 נקודות)

ב. מהי המשמעות של משקל השווה לאפס לגבי גוף המונח בגובה אפסי מעל פני הכוכב? (5 נקודות)

ג. מהי מסת הכוכב (בטא/י בעזרת G,R,T) (10 נקודות)

ד. מהי תאוצת הכובד בשני הקטבים של הכוכב (בטא/י בעזרת T)? (10 נקודות)

ד. מדוע על נקודות שבין הקו המשווה ובין הקטבים תהיה תאוצת הכובד שונה? (5 נקודות)

ה. מהי תאוצת הכובד בגובה השווה לרדיוס הכוכב, מעל לקו המשווה? (בטא/י בעזרת T,R)? (5 נקודות)

בהצלחה!!!

תשובות סופיות - מבחן מתכונת מספר 7

שאלה מספר 1

א. $v = 5 - 0.5 \cdot t$

ב. $\mu = 0.05$

ג. שיפוע הגרף היה גדול יותר.

ד. $W = 50\ J$

ה. $Q = 50\ J$

ו. $Q = 10 \cdot t - 0.5 \cdot t^2$

שאלה מספר 2

א. $v = 1.22 \cdot v$ $\quad \alpha = 5.87^0$

ב. $U = 0.973 \cdot v$

ג. $v_{C.M.} = v$

ד. $v_{C.M.\ (Y)} = 0.0139 \cdot v$ $\quad v_{C.M.\ (X)} = v$

ה. יש עכשיו מהירות למרכז המסה בכיוון Y כי פועלים כוחות חיצוניים של המשטח ברגע הזריקה.

ו. כן. הקרונית היא מערכת אינרציאלית כי היא נעה במהירות קבועה.

שאלה מספר 3

א. כן. התנע הקווי נשמר.

ב. כן. האנרגיה המכנית הכוללת נשמרת.

ג. מהירות מרכז המסה תשאר אפס בכל מהלך התנועה.

ד. התנועה הנוצרת היא תנועה הרמונית. נקודת שיווי המשקל נמצאת בדיוק במרחק זהה של $A/2$ מכל אחת מהמסות.

ה. $v = \sqrt{\frac{k}{2\cdot m}}\cdot A$

שאלה מספר 4

א. החיכוך בין הגלגלת והחוטים זניח. המסות נעות בקו ישר מעלה ומטה.

ב. $T = \frac{4\cdot m_1\cdot m_2\cdot g}{m_1 + m_2}$

ג. $\frac{1}{T} = \frac{1}{4\cdot m_2\cdot g} + \frac{1}{4\cdot m_1\cdot g}$ גרף של $1/T$ כפונקציה של $\frac{1}{m_1}$.

ד. $g = 10\ \frac{m}{sec^2}$

ה. $m_2 = 5\ kg$

ו. השיפוע היה גדול יותר ונקודת החיתוך היתה גדולה יותר.

שאלה מספר 5

א. כל לווין מסביב לכוכב נמצא במצב של "חוסר משקל".

ב. אם הגוף יונח באוויר הוא ישאר, לכאורה לעמוד.

ג. $M = \frac{4\cdot\pi^2}{G}\cdot\frac{R^3}{T^2}$

ד. בנקודות בין הקו המשווה ובין הקוטב יהיה רדיוס סיבוב קטן יותר.

ה. $g' = \frac{\pi^2\cdot R}{T^2}$

תשובות מלאות – מבחן מתכונת מספר 7

1. א. התנועה היא בתאוטה קבועה (שיפוע ישר ושלילי).

המהירות ההתחלתית היא $v_0 = 5\ \frac{m}{sec}$.

שיפוע הקו (שהוא התאוצה) הוא: $a = \frac{5-0}{0-10} = -0.5$

הביטוי הוא: $v = v_0 + a \cdot t$

ולכן: $v = 5 - 0.5 \cdot t$

ב. הגוף מאט רק בגלל השפעת כוח החיכוך:

$$\Sigma F = m \cdot a \quad \Longrightarrow \quad -f = m \cdot a \quad \Longrightarrow \quad -\mu \cdot mg = m \cdot a$$

$$\mu = \frac{-a}{g} = \frac{0.5}{10} = 0.05$$

ג. שיפוע הגרף היה גדול יותר.

ד. האנרגיה שהושקעה היא כל האנרגיה ההתחלתית של הגוף:

$$W = \Delta E = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_0^2 = \frac{1}{2} \cdot 4 \cdot 5^2 = 50\ J$$

ה. החום שנוצר הוא כל האנרגיה הקינטית שאבדה:

$$Q = \Delta E = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_0^2 = \frac{1}{2} \cdot 4 \cdot 5^2 = 50\ J$$

ו. האנרגיה שנוצרה היא הפרש האנרגיה בין האנרגיה ההתחלתית והאנרגיה באותו הרגע:

$$Q = \Delta E = E_0 - E(t) = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_0^2 - \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot (v_0^2 - v^2)$$

$$Q = \frac{1}{2} \cdot 4 \cdot \left(5^2 - [5 - 0.5 \cdot t]^2\right) = 2 \cdot \left(25 - 25 + 5 \cdot t - 0.25 \cdot t^2\right)$$

$$Q = 10 \cdot t - 0.5 \cdot t^2$$

2. א. הרכיב האנכי של הזריקה אינו משתנה:

$$v_Y = \frac{v}{4}\cdot\sin(30^0) = \frac{v}{8} = 0.125\cdot v$$

לרכיב האופקי יש להוסיף את מהירות הקרונית:

$$v_X = v + \frac{v}{4}\cdot\cos(30^0) = 1.216\cdot v$$

גודל המהירות, ביחס לקרקע, הוא:

$$v = \sqrt{v_X^2 + v_Y^2} = \sqrt{1.216^2 + 0.125^2}\cdot v = 1.22\cdot v$$

הזווית היא:

$$tg(\alpha) = \frac{v_Y}{v_X} = \frac{0.125}{1.216} = 0.103 \implies \alpha = 5.87^0$$

ב. עקב שימור התנע הקווי בציר ה-X:

$$M\cdot v + \frac{M}{8}\cdot v = M\cdot U + \frac{M}{8}\cdot 1.216\cdot v$$

$$U = v\cdot\left(1 + \frac{1}{8} - \frac{1.216}{8}\right) = 0.973\cdot v$$

ג. מהירות מרכז המסה של המערכת היתה v כי כל המערכת נעה במהירות זו.

ד. מהירות רכיב X של מרכז המסה לא השתנתה מאחר ולא פעלו כוחות חיצוניים בכיוון זה.
מהירות רכיב Y של מרכז המסה:

$$v_{C.M.\ (Y)} = \frac{\frac{M}{8}\cdot 0.125\cdot v + M\cdot 0}{\frac{M}{8} + M} = 0.0139\cdot v$$

ה. יש עכשיו מהירות למרכז המסה בכיוון Y כי פועלים כוחות חיצוניים של המשטח ברגע הזריקה.

ו. כן. הקרונית היא מערכת אינרציאלית כי היא נעה במהירות קבועה. חוקי ניוטון חלים בכל מערכת אינרציאלית, ולכן לא יהיה הבדל בתרשים הכוחות שישרטטו שני האנשים.

3. א. כן. התנע הקווי נשמר כי לא פועלים כוחות חיצוניים על המערכת.

ב. כן. האנרגיה המכנית הכוללת נשמרת מאחר ולא פועלים כוחות חיצוניים על המערכת. אנרגיה הופכת מקינטית לפוטנציאלית אלסטית וחוזר חלילה.

ג. מהירות מרכז המסה היא אפס ברגע השחרור, ומכיוון שלא פועלים כוחות חיצוניים היא תשאר אפס בכל מהלך התנועה.

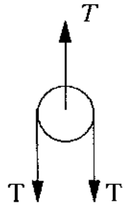
ד. התנועה הנוצרת היא תנועה הרמונית. שתי המסות מתקרבות זו לזו עד לנקודה בה הם נעצרות, ואחר כך מתרחקות זו מזו. נקודת שיווי המשקל נמצאת בדיוק במרחק זהה של $A/2$ מכל אחת מהמסות.

ה. המהירות המירבית היא כאשר כל האנרגיה היא קינטית, היינו כשהמערכת עוברת את המצב בו הקפיץ רפוי.
נשווה את האנרגיה ברגע השחרור למצב בו בקפיץ רפוי .

$$\frac{1}{2}\cdot k\cdot A^2 = 2\cdot\frac{1}{2}\cdot m\cdot v^2$$

$$v = \sqrt{\frac{k}{2\cdot m}}\cdot A$$

4. א. החיכוך בין הגלגלת והחוטים זניח. המסות נעות בקו ישר מעלה ומטה.

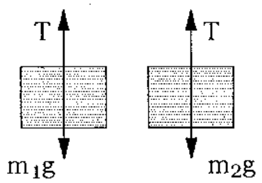


ב. תרשים הכוחות לגלגלת הוא:

$$\Sigma F = 0$$

$$\mathcal{T} = 2\cdot T$$

כדי למצוא את המתיחות בחוט המקשר בין המסות נסתכל על תרשים הכוחות לשתי המסות:



$$m_1 \cdot g - T = m_1 \cdot a$$

$$T - m_2 \cdot g = m_2 \cdot a$$

נבודד את a ונציב כדי למצוא ביטוי למתיחות:

$$a = g - \frac{T}{m_1}$$

$$T - m_2 \cdot g = m_2 \cdot \left[g - \frac{T}{m_1}\right]$$

$$T - m_2 \cdot g = m_2 \cdot g - \frac{m_2}{m_1} \cdot T$$

$$T \cdot \left[1 + \frac{m_2}{m_1}\right] = 2 \cdot m_2 \cdot g$$

$$T = \frac{2 \cdot m_1 \cdot m_2 \cdot g}{m_1 + m_2}$$

$$\mathcal{T} = 2 \cdot T = \frac{4 \cdot m_1 \cdot m_2 \cdot g}{m_1 + m_2}$$

ג.

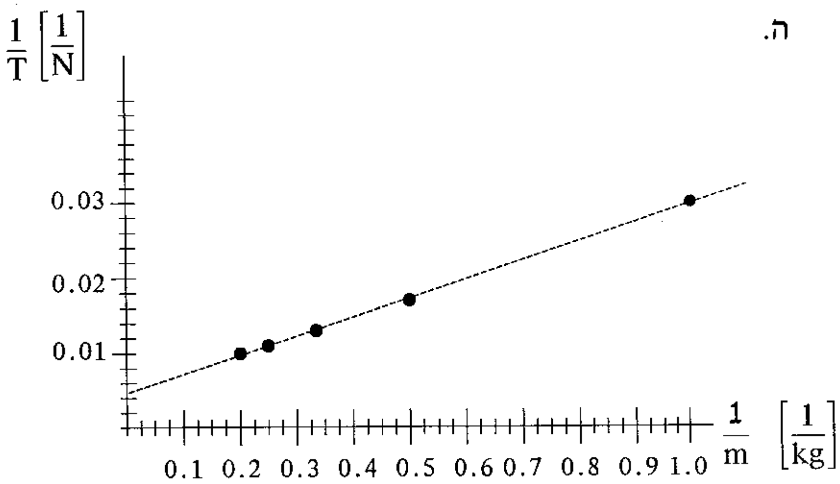
$$\frac{1}{\mathcal{T}} = \frac{m_1 + m_2}{4 \cdot m_1 \cdot m_2 \cdot g}$$

$$\frac{1}{\mathcal{T}} = \frac{1}{4 \cdot m_2 \cdot g} + \frac{1}{4 \cdot m_1 \cdot g}$$

הגרף הוא של $1/\mathcal{T}$ כפונקציה של $\frac{1}{m_1}$.

m_1 [kg]	$\mathcal{T}$ [N]	$1/m_1$ [1/kg]	$1/\mathcal{T}$ [1/N]
5	99	0.2	0.0101
4	88	0.25	0.0114
3	74	0.33	0.0135
2	57	0.50	0.0175
1	33	1.0	0.0303

ה.



נחשב את השיפוע (החישוב בעבודת מעבדה רגילה הוא של שיפוע הקו עצמו ולא של שתי נקודות מתוך התוצאות)

$$a = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{0.03 - 0.01}{1.0 - 0.2} = 0.025\ \frac{kg}{N}$$

מאחר ושיפוע הקו הוא:

$$a = \frac{1}{4 \cdot g}$$

נקבל:

$$g = \frac{1}{4 \cdot a} = \frac{1}{4 \cdot 0.025} = 10\ \frac{m}{sec^2}$$

ו. נקודת החיתוך עם ציר ה-Y היא בערך $\frac{1}{T} = 0.005$

מאחר והערך של נקודת החיתוך הוא:

$$b = \frac{1}{4 \cdot m_2 \cdot g}$$

נקבל:

$$m_2 = \frac{1}{4 \cdot b \cdot g} = \frac{1}{4 \cdot 0.005 \cdot 10} = 5\ kg$$

ז. גם השיפוע וגם נקודת החיתוך עם הציר תלויות בתאוצת הכובד ולכן על הירח השיפוע היה גדול יותר (g במכנה) ונקודת החיתוך היתה גם היא גדולה יותר.

5. א. כל לווין מסביב לכוכב נמצא במצב של "חוסר משקל", היינו מדידת משקל עליו תביא לתוצאה של אפס מאחר וכל המערכת שלו נעה גם היא כלווין.
גוף הנמצא בנקודה מסוימת מעל הקו המשווה יכול להיות לווין הנמצא כל הזמן מעל אותה הנקודה. בתנאים מיוחדים יכול גוף הנמצא ממש על פני הכוכב להיות לווין כזה.

ב. המשמעות היא שאם הגוף יונח באוויר הוא ישאר, לכאורה לעמוד. (הוא אינו עומד אלא מסתובב יחד עם הכוכב).

ג. על פי החוק השלישי של קפלר:

$$T^2 = \frac{4\cdot\pi^2}{G\cdot M}\cdot R^3$$

בלווין רגיל, R הוא רדיוס הסיבוב. במקרה זה הוא יהיה רדיוס הכוכב.

$$M = \frac{4\cdot\pi^2}{G}\cdot\frac{R^3}{T^2}$$

ד. רדיוס הסיבוב של גוף הנמצא על פני הכוכב הוא $R\cdot\cos(\alpha)$ כי לכוכב יש ציר סיבוב אחד. לכן, בנקודות בין הקו המשווה ובין הקוטב יהיה רדיוס סיבוב קטן יותר.

ה.
$$g' = \frac{G\cdot M}{(2R)^2}$$

מאחר וראינו ש:
$$GM = \frac{4\cdot\pi^2\cdot R^3}{T^2}$$

נקבל:

$$g' = \frac{G\cdot M}{(2R)^2} = \frac{4\cdot\pi^2\cdot R^3}{T^2}\cdot\frac{1}{4\cdot R^2} = \frac{\pi^2\cdot R}{T^2}$$

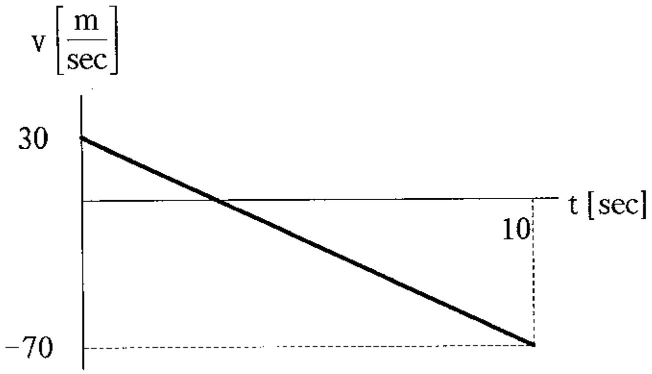
מיבחן מתכונת מספר 8

משך הבחינה: שעה וחצי

מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה חמש שאלות. מתוכן עליך לענות על שלוש שאלות בלבד.

לכל שאלה - $33\frac{1}{3}$ נקודות. מספר הנקודות לכל סעיף רשום בסופו.

1. כדור שמסתו 500 gr נזרק כלפי מעלה מראש מגדל. גרף המהירות של הכדור כפונקציה של הזמן, מרגע זריקת הכדור ועד פגיעת הכדור בקרקע, ניתן בגרף הבא:



א. האם התנגדות האוויר זניחה? הסבר/י (5 1/3 נקודות)

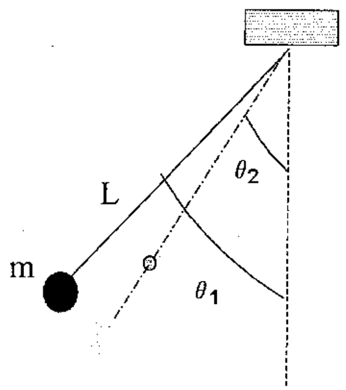
ב. תוך כמה זמן הגיע הכדור לשיא הגובה? (5 נקודות)

ג. כמה גבוה שיא הגובה מראש המגדל? (6 נקודות)

ד. מהו גובה המגדל? (7 נקודות)

ה. כיצד היה נראה הגרף אם היה פועל על הכדור כוח התנגדות של האוויר בעוצמה של 2N? (10 נקודות)

2. מטוטלת מתמטית מורכבת מחוט שאורכו L ובקצהו מסה נקודתית m. משחררים את המסה במצב בו החוט בזווית של θ_1. כאשר המסה מגיעה לזווית של θ_2 היא נתקלת במסמר קבוע.



א. האם הכוח שמופעל על ידי המסמר מבצע עבודה? הסבר/י (5 1/3 נקודות)

ב. האם המתיחות בחוט מבצעת עבודה? הסבר/י (5 נקודות)

ג. האם כוח המשיכה של כדור הארץ מבצע עבודה? הסבר/י (5 נקודות)

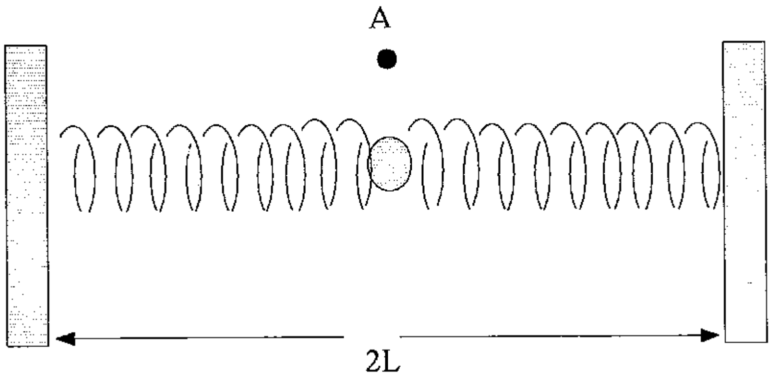
ד. האם נשמרת האנרגיה המכנית של הכדור? הסבר/י (5 נקודות)

ה. תאר/י במילים את התנועה שנוצרת, בהנחה שלאחר הפגיעה במסמר עולה הכדור לגובה הנמוך מגובה המסמר לפני שנעצר. (5 נקודות)

ו. האם התנועה שנוצרת היא תנועה מחזורית? הסבר/י (4 נקודות)

ז. האם התנועה שנוצרת היא תנועה הרמונית? הסבר/י (4 נקודות)

3. מסה נקודתית מחוברת לשני קפיצים שאורכם הרפוי L_0. שני הקפיצים מחוברים משני צידי המסה, כך שכל אחד מתוח לאורך L ‏($L>L_0$). מושכים את המסה מעט, אל הנקודה A בה כל אחד מהקפיצים מתוח L_1 ‏($L_1=L+\Delta L$) ומשחררים.



א. הוכח/י שהתנועה המתקבלת היא בקירוב תנועה הרמונית. (11 1/3 נקודות)

ב. מהו קבוע התנועה? (6 נקודות)

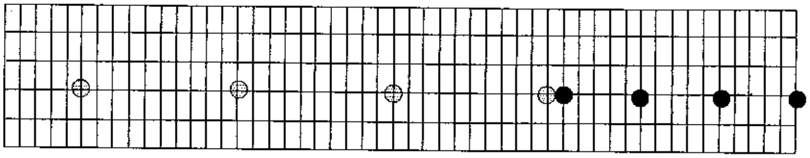
ג. מהו זמן המחזור של התנועה? (5 נקודות)

ד. מצא/י ביטוי להעתק המסה כפונקציה של הזמן, אם תחילת המדידה נעשית ברגע השחרור. (6 נקודות)

ה. מצא/י ביטוי למהירות המסה כפונקציה של הזמן, אם תחילת המדידה נעשית ברגע השחרור. (5 נקודות)

4. בניסוי ממוחשב נרשם מיקום של גוף כל 0.5sec. המרחק בין שני קווים אופקיים ברישום ובין שני קווים אנכיים ברישום הוא 0.2cm.

התיאור של התנגשות חזיתית בין שני כדורים זהים, לפני ההתנגשות, נראה כך:



א. מהי מהירות כל אחד מהגופים לפני ההתנגשות? (6 1/3 נקודות)

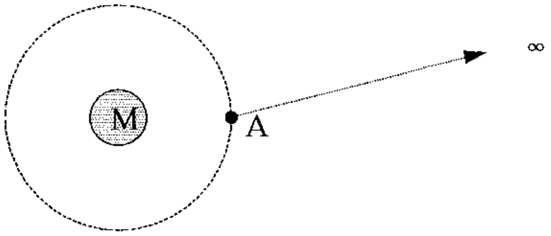
ב. כיצד יראה תרשים התנועה לאחר ההתנגשות אם ההתנגשות פלסטית? (6 נקודות)

ג. כיצד יראה תרשים התנועה לאחר ההתנגשות, אם לא אובדת בהתנגשות אנרגיה קינטית? (6 נקודות)

ד. כיצד יראה תרשים התנועה לאחר ההתנגשות, אם אובדת מחצית מן האנרגיה הקינטית בהתנגשות? (6 נקודות)

ה. שרטט/י גרף מהירות כל אחד מהגופים כפונקציה של הזמן, בהנחה שזמן ההתנגשות אפסי למקרים המתוארים ב-ב', ב-ג' וב-ד'. הנח/י שההתנגשות מתרחשת בזמן t=0 (9 נקודות)

5. נקודה A נמצאת בשדה כבידה של מסה בודדת M. העבודה הדרושה להביא יחידת מסה מנקודה A ועד למרחק אינסופי מן המסה M היא $8\,J/kg$. שדה הכבידה בנקודה A הוא $2\,N/kg$.



א. מהי תאוצת הכובד בנקודה A? (4 1/3 נקודות)

ב. כמה עבודה מתקבלת בהבאת מסה של 4kg מאינסוף לנקודה A? (5 נקודות)

ג. מהו המרחק של נקודה A מן המסה M? (8 נקודות)

ד. כמה עבודה יש להשקיע בהרחקת יחידת מסה מן הנקודה A לנקודה B המרוחקת מרחק כפול מן המסה M? (8 נקודות)

ה. מדוע לא משנה המסלול בו מרחיקים את יחידת המסה מן הנקודה A אל הנקודה B? (4 נקודות)

ו. מהו גודל המסה M? (4 נקודות)

בהצלחה!!!

תשובות סופיות – מבחן מתכונת מספר 8

שאלה מספר 1

א. כן. התנגדות האויר זניחה.

ב. $t = 3\ sec$

ג. $h = 45\ m$

ד. גובה המגדל הוא $200\ m$.

שאלה מספר 2

א. לא. הכוח של המסמר לא מבצע עבודה.

ב. לא. המתיחות בחוט לא מבצעת עבודה.

ג. כן. הכוח של כדור הארץ מבצע עבודה.

ד. כן. האנרגיה המכנית נשמרת.

ה. הכדור יורד כחלק מתנועה מעגלית במהירות משתנה, עד שהחוט פוגע במסמר. ברגע זה משתנה רדיוס הסיבוב והכדור מתחיל לעלות, שוב כחלק מתנועה מעגלית במהירות משתנה. הכדור נעצר בגובה מסויים, מתחיל לרדת וברגע שהוא משתחרר מן המסמר מתחיל לעלות ברדיוס הסיבוב המקורי, וזאת עד לגובה ממנו שוחרר.

ו. התנועה היא תמונה מחזורית.

ז. התנועה אינה תנועה הרמונית.

שאלה מספר 3

א. $F = -2 \cdot k \cdot \frac{L - L_0}{L} \cdot x$

ב. קבוע התנועה הוא: $2 \cdot k \cdot \frac{L - L_0}{L}$

ג. $T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m \cdot L}{2 \cdot k \cdot (L - L_0)}}$

ד. $x = A \cdot \cos(\omega \cdot t)$

כאשר: $A = \sqrt{(L + \Delta L)^2 - L^2}$; $\omega = \frac{2 \cdot \pi}{T}$

ה. $v = -\omega \cdot A \cdot \sin(\omega \cdot t)$

שאלה מספר 4

א. $v_1 = 4 \frac{cm}{sec}$ $v_2 = -2 \frac{cm}{sec}$

ב. $U = 1 \frac{cm}{sec}$

ג. $u_2 = 4 \frac{cm}{sec}$ $u_1 = -2 \frac{cm}{sec}$

ד. $u_2 = 3 \frac{cm}{sec}$ $u_1 = -1 \frac{cm}{sec}$

שאלה מספר 5

א. $g_A = 2 \frac{m}{sec^2}$

ב. $W_{\infty \to A} = 32 \text{ J}$

ג. $R_A = 4 \text{ m}$

ד. $V_B = 4 \frac{J}{kg}$

ד. $W = 4 \text{ J}$

ה. כוח הכבידה הוא כוח משמר.

ו. $M = 4.8 \cdot 10^{11} \text{ kg}$

תשובות מלאות - מבחן מתכונת מספר 8

1. א. כן. התנגדות האויר זניחה מאחר ושיפוע הגרף הוא אחיד בעליה ובירידה.

ב. מאחר והתאוטה היא תאוטת הכובד, המהירות מתאפסת לאחר שלוש שניות:

$$(v=0\ ;\ a=-g)$$

$$v = v_0 + a \cdot t \implies t = \frac{v_0}{g} = \frac{30}{10} = 3\ \text{sec}$$

ג. $$h = \frac{v_0^2}{2 \cdot g} = \frac{30^2}{2 \cdot 10} = 45\ \text{m}$$

ד. הזמן מרגע הזריקה ועד לפגיעה בקרקע הוא 10 sec.

$$x = x_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$$

נבחר את הגובה אפס בנקודת הזריקה. הנתונים הם:

$$v_0 = 30\ \frac{\text{m}}{\text{sec}}\ ;\ a = -g = -10\ \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}\ ;\ t = 10\ \text{sec}\ ;\ x_0 = 0$$

$$x = 0 + 30 \cdot 10 + \frac{1}{2} \cdot (-10) \cdot 10^2 = -200\ \text{m}$$

גובה המגדל הוא 200 m.

ה. נמצא את התאוטה בזמן העלייה:

$$\Sigma F = m \cdot a$$

$$-[m \cdot g + f] = m \cdot a$$

$$a = -\left[g + \frac{f}{m}\right] = -\left[10 + \frac{2}{0.5}\right] = -14\ \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$$

הזמן עד לשיא הגובה:

$$v = v_0 + a \cdot t \implies t = \frac{v - v_0}{a} = \frac{0 - 30}{-14} = 2.14\ \text{sec}$$

נמצא את שיא הגובה:

$$x = x_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 = 0 + 30 \cdot 2.14 + \frac{1}{2} \cdot (-14) \cdot 2.14^2 = 32.14\ m$$

נמצא את התאוצה בזמן הירידה:

$$\Sigma F = m \cdot a$$

$$m \cdot g - f = m \cdot a$$

$$a = g - \frac{f}{m} = 10 - \frac{2}{0.5} = 6\ \frac{m}{sec^2}$$

נמצא את זמן הירידה. הגובה ממנו יורד הכדור הוא שיא הגובה בתוספת גובה המגדל:

$$x = x_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$$

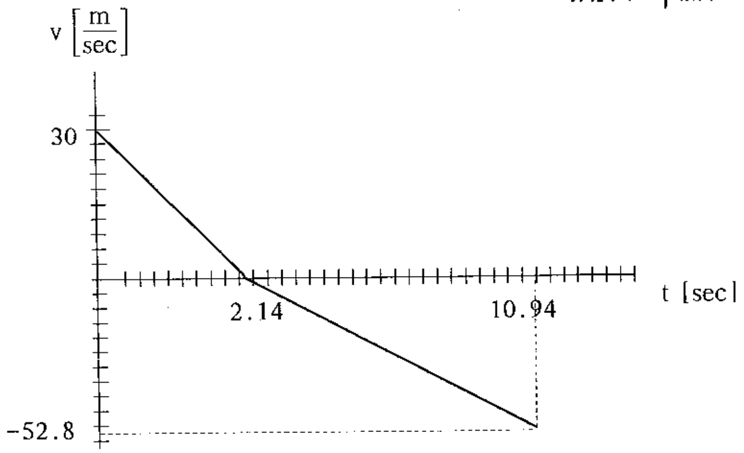
$$232.14 = 0 + 0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot 6 \cdot t^2$$

$$t = 8.8\ sec$$

הפיתרון החיובי הוא הפיתרון הפיסיקאלי. הזמן שמצאנו הוא זמן הירידה בלבד.
המהירות ברגע הפגיעה היא:

$$v = v_0 + a \cdot t = 0 + 6 \cdot 8.8 = 52.8\ \frac{m}{sec}$$

הגרף יראה:



2. א. לא. הכוח של המסמר לא מבצע עבודה כי פעולת הכוח היא לא לאורך דרך.

ב. לא. המתיחות בחוט לא מבצעת עבודה כי, למרות שהיא פועלת לאורך דרך, היא פועלת במאונך לדרך.

ג. כן. הכוח של כדור הארץ מבצע עבודה המתבטאת בשינוי האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית של הגוף.

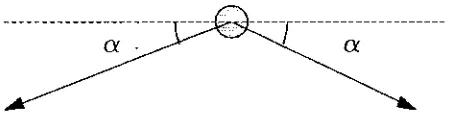
ד. כן. האנרגיה המכנית נשמרת כי לכוח היחיד שמבצע עבודה - כוח הכובד, הוגדרה אנרגיה פוטנציאלית, כך שתוצאת העבודה, היינו השינוי באנרגיה הקינטית הופך להיות שווה לשינוי באנרגיה הפוטנציאלית הכובדית.

ה. הכדור יורד כחלק מתנועה מעגלית במהירות משתנה, עד שהחוט פוגע במסמר. ברגע זה משתנה רדיוס הסיבוב והכדור מתחיל לעלות, שוב כחלק מתנועה מעגלית במהירות משתנה. הכדור נעצר בגובה מסויים, מתחיל לרדת וברגע שהוא משתחרר מן המסמר מתחיל לעלות ברדיוס הסיבוב המקורי, וזאת עד לגובה ממנו שוחרר.

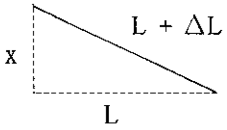
ו. התנועה היא תמונה מחזורית. מחצית תנועה ברדיוס L ומחצית תנועה ברדיוס קטן יותר. הסיבה שהתנועה מחזורית היא שאין אובדן אנרגיה.

ז. התנועה אינה תנועה הרמונית מאחר והזוויות אינן זוויות קטנות. תנועה של גוף הקשור לחוט היא תנועה הרמונית רק בקירוב של זוויות קטנות.

3. א. הכוחות הפועלים על המסה הם:



אורך כל קפיץ הוא: $L + \Delta L$



הכוח השקול על המסה הוא:

$$F = -2\cdot k\cdot[L + \Delta L - L_0]\cdot\sin(\alpha)$$

$$\sin(\alpha) = \frac{x}{L + \Delta L}$$

$$F = -2\cdot k\cdot[L + \Delta L - L_0]\cdot\frac{x}{L + \Delta L}$$

מאחר ו- ΔL קטן מאד ביחס ל- L נזניח אותו ונקבל:

$$F = -2\cdot k\cdot\frac{L - L_0}{L}\cdot x$$

הכוח פרופורציוני למרחק x, ולכן זוהי תנועה הרמונית.

ב. קבוע התנועה הוא: $2\cdot k\cdot\frac{L - L_0}{L}$

ג. זמן המחזור של התנועה הוא:

$$T = 2\cdot\pi\cdot\sqrt{\frac{m}{K}} = 2\cdot\pi\cdot\sqrt{\frac{m}{\left[2\cdot k\cdot\frac{L - L_0}{L}\right]}} = 2\cdot\pi\cdot\sqrt{\frac{m\cdot L}{2\cdot k\cdot(L - L_0)}}$$

ד. $x = A\cdot\cos(\omega\cdot t)$

כאשר: $\omega = \frac{2\cdot\pi}{T}$; $A = \sqrt{(L + \Delta L)^2 - L^2}$

$$v = -\omega\cdot A\cdot\sin(\omega\cdot t)$$

4. א. נבחר את הכיוון החיובי ימינה, לכל השאלה.

מהירות הגוף הימני: $v_2 = \frac{-5 \cdot 0.2}{0.5} = -2\,\frac{cm}{sec}$

מהירות הגוף השמאלי: $v_1 = \frac{10 \cdot 0.2}{0.5} = 4\,\frac{cm}{sec}$

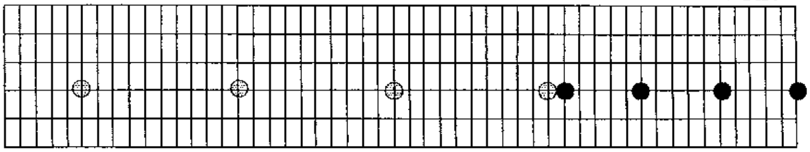
ב. מחוק שימור התנע הקווי בהתנגשות פלסטית:

$$m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 = (m_1 + m_2) \cdot U$$

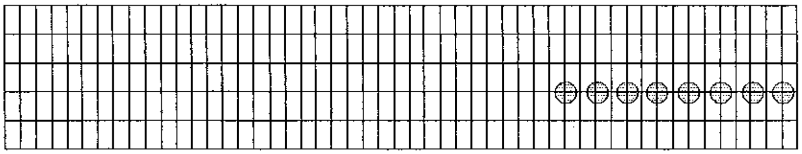
נצמצם את המסה: $v_1 + v_2 = 2U$

$$U = \frac{4-2}{2} = 1\,\frac{cm}{sec}$$

לפני:



אחרי:



ג. מחוק שימור התנע הקווי:

$$m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 = m_1 \cdot u_1 + m_2 \cdot u_2$$

נצמצם את המסה: $v_1 + v_2 = u_1 + u_2$

$$4 - 2 = u_1 + u_2$$

$$2 = u_1 + u_2$$

מחוק שימור האנרגיה הקינטית:

$$v_1 + u_1 = v_2 + u_2$$

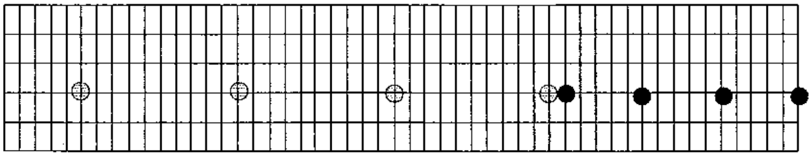
$$4 + u_1 = -2 + u_2$$

נציב את המשוואה הראשונה בשניה:

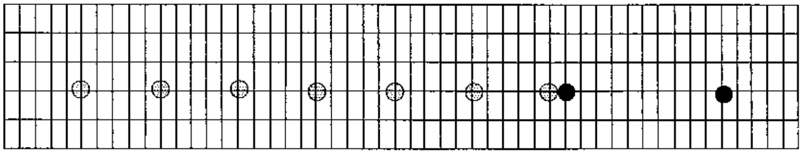
$$4 + [2 - u_2] = -2 + u_2 \quad \Rightarrow \quad u_2 = 4\,\frac{cm}{sec}$$

$$u_1 = 2 - u_2 = 2 - 4 = -2\,\frac{cm}{sec}$$

לפני:



אחרי:



ד. מחוק שימור התנע הקווי:

$$m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 = m_1 \cdot u_1 + m_2 \cdot u_2$$

נצמצם את המסה:

$$v_1 + v_2 = u_1 + u_2$$
$$4 - 2 = u_1 + u_2$$
$$2 = u_1 + u_2$$

מהמשוואה של אובדן האנרגיה הקינטית:

$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot v_1^2 + \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_2^2 = 2 \cdot \left[\frac{1}{2} \cdot m \cdot u_1^2 + \frac{1}{2} \cdot m \cdot u_2^2\right]$$

נצמצם את המסה:

$$v_1^2 + v_2^2 = 2 \cdot u_1^2 + 2 \cdot u_2^2$$
$$4^2 + (-2)^2 = 2 \cdot u_1^2 + 2 \cdot u_2^2$$
$$10 = u_1^2 + u_2^2$$

נציב את המשוואה הראשונה בשניה:

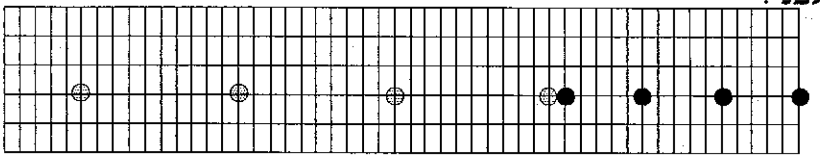
$$10 = [2 - u_2]^2 + u_2^2$$
$$10 = \left[2^2 - 2 \cdot 2 \cdot u_2 + u_2^2\right] + u_2^2$$
$$u_2^2 - 2 \cdot u_2 - 3 = 0$$

$$u_{2\,1,2} = \frac{2 \pm \sqrt{(-2)^2 - 4 \cdot 1 \cdot (-3)}}{2 \cdot 1} = \frac{2 \pm 4}{2} = -1\,\frac{cm}{sec}\,;\,3\,\frac{cm}{sec}$$

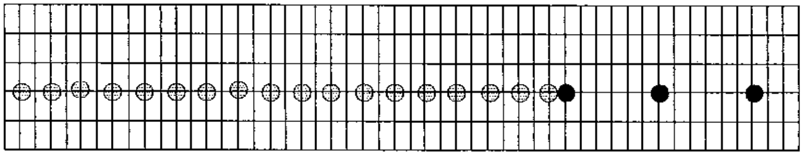
$$u_{1\,1,2} = 2 - u_2 = 3\,\frac{cm}{sec}\,;\,-1\,\frac{cm}{sec}$$

הפתרון הפיסיקאלי הוא זה שהגוף השמאלי נע שמאלה והגוף הימני נע ימינה, מאחר ושני הגופים לא יכולים לנוע זה דרך זה.

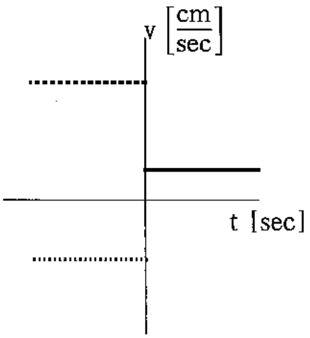
לפני:

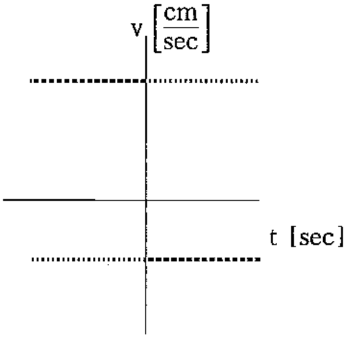


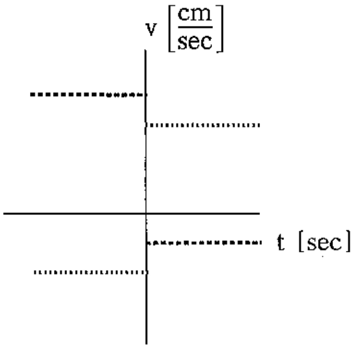
אחרי:



ה.







5. א. תאוצת הכובד היא בעצם שדה הכבידה, רק מבוטא ביחידות אחרות.

$$g_A = 2\,\frac{N}{kg} = 2\,\frac{m}{sec^2}$$

ב. פוטנציאל הכבידה, היינו העבודה הדרושה להבאת יחידת מסה מאינסוף לנקודה הוא 8 J/kg. כדי למצוא את העבודה הדרושה להבאת מסה כלשהיא יש להכפיל את הפוטנציאל במסה.

$$W_{\infty \to A} = m \cdot V_A = 4 \cdot 8 = 32\ J$$

ג.

$$\frac{GM}{R_A^2} = 2 \quad ; \quad \frac{GM}{R_A} = 8$$

$$\frac{GM}{R_A} \cdot \frac{1}{R_A} = 2 \quad \Longrightarrow 8 \cdot \frac{1}{R_A} = 2 \quad \Longrightarrow R_A = 4\ m$$

ד. נחשב את פוטנציאל הכבידה בנקודה B:

$$V_B = \frac{G \cdot M}{R_B} = \frac{G \cdot M}{2 \cdot R_A} = \frac{1}{2} \cdot V_A = 4\,\frac{J}{kg}$$

ד.

$$W = m \cdot [V_A - V_B] = 1 \cdot [8 - 4] = 4\ J$$

ה. המסלול לא משנה מכיוון שכוח הכבידה הוא כוח משמר ועבודת כוח משמר אינה תלויה במסלול.

ו.

$$\frac{G \cdot M}{R_A} = 8 \quad \Longrightarrow \quad M = \frac{8 \cdot R_A}{G} = \frac{8 \cdot 4}{6.67 \cdot 10^{-11}} = 4.8 \cdot 10^{11}\ kg$$

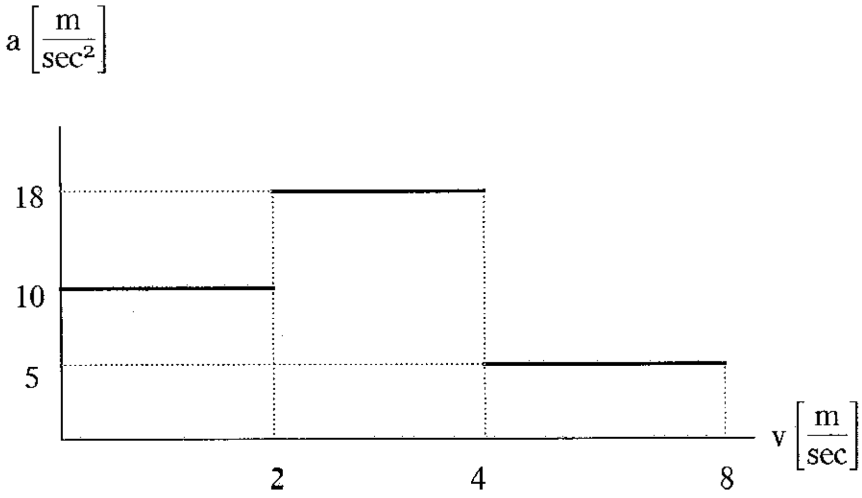
מבחן מתכונת מספר 9

משך הבחינה: שעה וחצי

מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה חמש שאלות. מתוכן עליך לענות על שלוש שאלות בלבד.

לכל שאלה – $33\frac{1}{3}$ נקודות. מספר הנקודות לכל סעיף רשום בסופו.

1. נתון גרף המתאר את התאוצה של מכונית צעצוע חשמלית שמסתה $2\,kg$ כפונקציה של המהירות שלה ביחס לכביש:



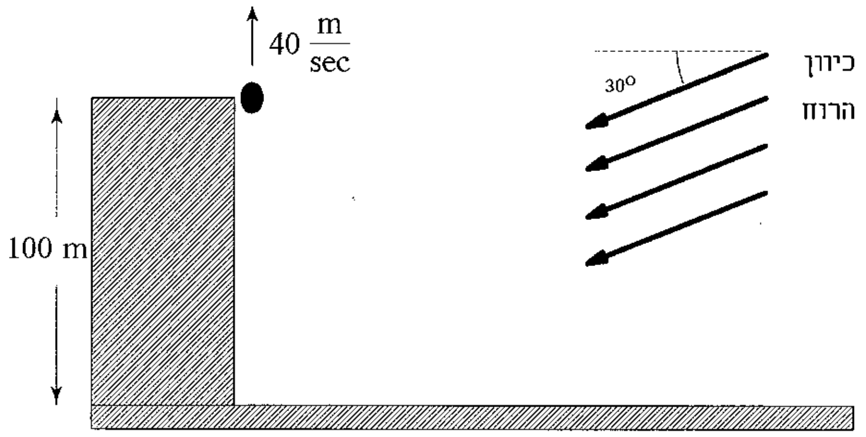
א. תאר/י במילים את תנועת המכונית. (5 1/3 נקודות)

ב. שרטט/י גרף של מהירות המכונית כפונקציה של הזמן. (12 נקודות)

ג. שרטט/י גרף של כוח המנוע כפונקציה של המהירות אם ידוע שכוח חיכוך קבוע של $1\,N$ התנגד לתנועתה. (8 נקודות)

ד. כיצד היה נראה גרף המהירות כפונקציה של הזמן, אם היה נמדד מרכב הנע במהירות קבועה של $2\,m/sec$ ביחס לכביש, בכיוון תנועת הגוף? (8 נקודות)

2. גוף שמסתו m נזרק ישירות כלפי מעלה מראש בנין שגובהו 100 m במהירות $40 \frac{m}{sec}$. במשך כל תנועתו, מרגע הזריקה, פועלת עליו רוח בכוח של $4 \cdot m$ בזווית 30^0 מתחת לאופק.



א. תאר/י במילים את צורת התנועה של הגוף. (4 נקודות)

ב. מהו שיא הגובה של תנועתו, ביחס לקרקע? (6 נקודות)

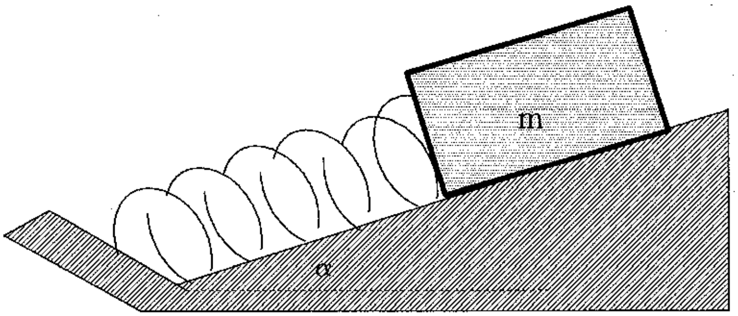
ג. לאחר כמה זמן יפגע בקרקע? (6 נקודות)

ד. באיזה מרחק אופקי מנקודת הזריקה יפגע בקרקע? (6 נקודות)

ה. מהי מהירות הגוף ברגע הפגיעה בקרקע (גודל וכיוון)? (8 נקודות)

ו. האם נשמרת האנרגיה של הגוף במהלך התנועה? הסבר/י. (3 1/3 נקודות)

3. מסה m קשורה לקפיץ שקבוע הקפיץ שלו k. המערכת מונחת על מישור משופע חלק שזוויתו α. מסיטים את המסה ימינה ומעלה מרחק A מנקודת שיווי המשקל ועוזבים.



א. כמה מכווץ, או מתוח, הקפיץ בנקודת שיווי המשקל? (5 נקודות)

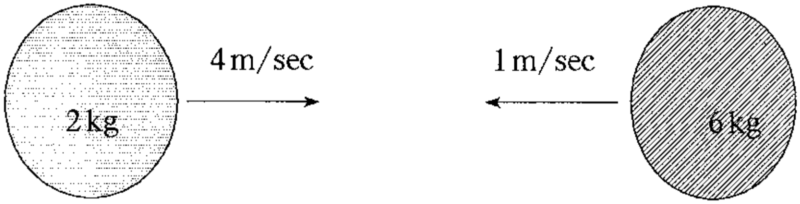
ב. האם התנועה היא תנועה הרמונית? הסבר/י. (4 1/3 נקודות)

ג. מהם גלגולי האנרגיה במהלך התנועה? (8 נקודות)

ד. מהו ההבדל בין התנועה הנוצרת על המישור המשופע ובין תנועה הנוצרת על משטח אופקי? (4 נקודות)

ה. מהו הביטוי להעתק המסה כפונקציה של הזמן, אם תחילת מדידת התנועה נעשית ברגע שחרור המסה? (12 נקודות)

4. מסה של 2kg נעה ימינה במהירות 4m/sec ומתנגשת מצחית במסה שניה שמסתה 6kg הנעה במהירות של 1m/sec שמאלה.



א. מהי מהירות מרכז המסה לפני ההתנגשות? (5 1/3 נקודות)

ב. מהי מהירות מרכז המסה אחרי ההתנגשות אם ההתנגשות היא התנגשות פלסטית? (חשב/י על פי הגדרת מהירות מרכז המסה והסבר/י את משמעות התוצאה). (6 נקודות)

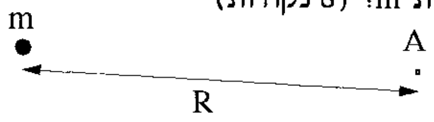
ג. מהי מהירות מרכז המסה אחרי ההתנגשות אם ההתנגשות היא התנגשות אלסטית לחלוטין? (חשב/י על פי הגדרת מהירות מרכז המסה והסבר/י את משמעות התוצאה). (6 נקודות)

ד. מהו המיתקף שפעל על כל אחת מהמסות בשתי ההתנגשות המתוארת בסעיפים ב׳ ו-ג׳? (8 נקודות)

ה. מהו המיתקף הכללי שפעל על המערכת בשתי ההתנגשות המתוארת בסעיפים ב׳ ו-ג׳? (8 נקודות)

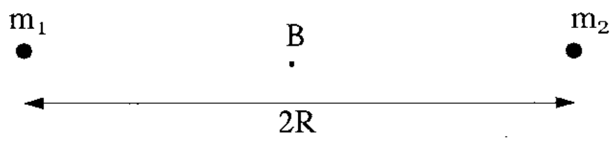
5. נגדיר פוטנציאל כבידה בנקודה מסוימת (V_G), כעבודה שיש להשקיע כדי להביא גוף שמסתו 1kg מאינסוף אל הנקודה שבה מחושב הפוטנציאל.

א. מהו הביטוי לפוטנציאל הכבידה בנקודה A הנמצאת במרחק R ממסה נקודתית m? (8 נקודות)

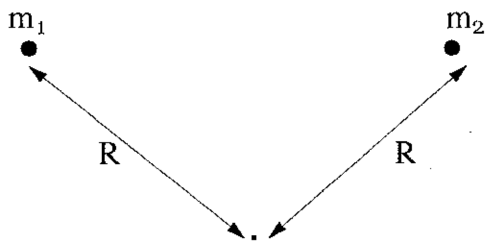


ב. מהי משמעות הסימן של הביטוי שהתקבל בתשובה לסעיף א'? (4 1/3 נקודות)

ג. מהו הביטוי לפוטנציאל הכבידה בנקודה B הנמצאת במרחק R מכל אחת משתי מסות נקודתיות m_1 ו-m_2 המרוחקות מרחק של 2R זו מזו? (10 נקודות)



ד. כיצד היתה משתנה התשובה לסעיף ג' אם המרחק בין המסות m_1 ו-m_2 היה משתנה, בעוד מרחק כל אחת מהן מן הנקודה B היה נשאר R? (6 נקודות)



ה. כיצד היתה משתנה התשובה לסעיף ג' אם המסות לא היו נקודתיות אלא כדורים בעלי רדיוס r שהמרחק בין מרכזיהם הוא 2R? (5 נקודות)

בהצלחה!!!

תשובות סופיות – מבחן מתכונת מספר 9

שאלה מספר 1

א. גוף המתחיל תנועתו ממנוחה, מאיץ בתאוצה קבועה של $10\ \frac{m}{sec^2}$ עד למהירות של $2\ \frac{m}{sec}$. בשלב זה מגביר הגוף את תאוצתו עד למהירות של $4\ \frac{m}{sec}$ ומקטין את תאוצתו עד למהירות של $8\ \frac{m}{sec}$.

ב. $t_I = 0.2\ sec \quad t_{II} = 0.11 sec \quad t_{III} = 0.8 sec$

ג. $F_I = 21\ N \quad F_{II} = 37\ N \quad F_{III} = 11\ N$

ד. הגרף היה מוזז ב- $2\ \frac{m}{sec}$

שאלה מספר 2

א. $a_Y = 12\ \frac{m}{sec^2} \quad a_X = 3.46\ \frac{m}{sec^2}$

ב. $x = 166.67\ m$

ג. $t = 8.6\ sec$

ד. $x = 128\ m$

ה. $v = 69.1\ \frac{m}{sec} \quad \alpha = -66^0$

ו. האנרגיה של הגוף גדלה כתוצאה מפעולת כוח הרוח עליו.

שאלה מספר 3

א. $x_0 = \frac{m \cdot g \cdot \sin(\alpha)}{k}$

ב. $\Sigma F = -k \cdot x'$ כאשר x' הוא המרחק מנקודת שיווי המשקל.

ג. בנקודת הקיצון העליונה יש אנרגיה פוטנציאלית כובדית ואנרגיה פוטנציאלית אלסטית. כאשר המסה יורדת קטנות האנרגיות הפוטנציאליות וגדלה האנרגיה הקינטית, עד לנקודת שיווי המשקל. מנקודה זו קטנה האנרגיה הקינטית וגדלה האנרגיה הפוטנציאלית האלסטית, בעוד האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית ממשיכה לקטון עד לנקודת הקיצון הנמוכה.

ד. ההבדל הוא במצב הקפיץ בנקודת שיווי המשקל.

ה. $x = A \cdot \cos\left(\sqrt{\frac{k}{m}} \cdot t\right)$

שאלה מספר 4

א. $v_{C.M.} = 0.25 \frac{m}{sec}$

ב. $U = = 0.25 \frac{m}{sec}$

ג. $u_2 = 1.5 \frac{m}{sec}$; $u_1 = -3.5 \frac{m}{sec}$

ד. במקרה של התנגשות פלסטית: $J =-7.5 \ N \cdot sec$
במקרה של התנגשות אלסטית לחלוטין: $J = -15 \ N \cdot sec$

ה. המתקף הכללי שווה תמיד לאפס.

שאלה מספר 5

א. $V_{G\,(A)} = -\frac{G \cdot m}{R}$

ב. מתקבלת אנרגיה בהבאת המטען מאינסוף לנקודה

ג. $V_{G\,(B)} = -\frac{G \cdot (m_1 + m_2)}{R}$

ד. התשובה לא משתנה.

ה. התשובה לא משתנה

תשובות מלאות - מבחן מתכונת מספר 9

1. א. גוף המתחיל תנועתו ממנוחה, מאיץ בתאוצה קבועה של $10\ \frac{m}{sec^2}$ עד למהירות של $2\ \frac{m}{sec}$. בשלב זה מגביר הגוף את תאוצתו עד למהירות של $4\ \frac{m}{sec}$ ומקטין את תאוצתו עד למהירות של $8\ \frac{m}{sec}$.

ב. נחשב את הזמן של כל אחד מקטעי התנועה:

קטע I: הנתונים הם: $v_0 = 0\ ;\ a = 10\ \frac{m}{sec^2}\ ;\ v = 2\ \frac{m}{sec}$

$$v = v_0 + a \cdot t \implies t_I = \frac{v - v_0}{a} = \frac{2 - 0}{10} = 0.2\ sec$$

קטע II: הנתונים הם: $v_0 = 2\ \frac{m}{sec}\ ;\ a = 18\ \frac{m}{sec^2}\ ;\ v = 4\ \frac{m}{sec}$

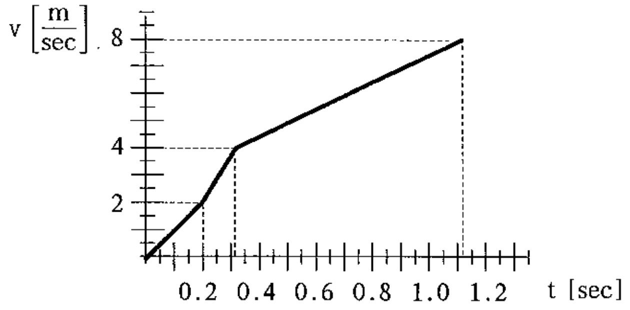
$$v = v_0 + a \cdot t \implies t_{II} = \frac{v - v_0}{a} = \frac{4 - 2}{18} = 0.11 sec$$

קטע III: הנתונים הם: $v_0 = 4\ \frac{m}{sec}\ ;\ a = 5\ \frac{m}{sec^2}\ ;\ v = 8\ \frac{m}{sec}$

$$v = v_0 + a \cdot t \implies t_{III} = \frac{v - v_0}{a} = \frac{8 - 4}{5} = 0.8 sec$$

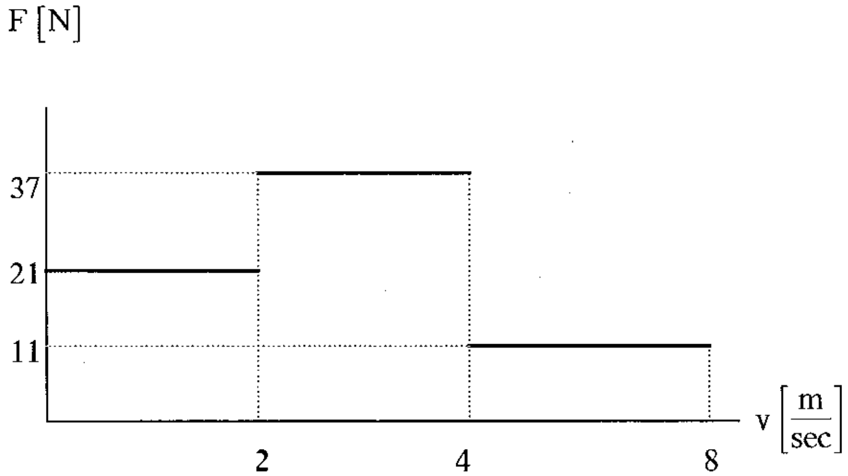
הזמנים שיופיעו בגרף הם:

$t_1 = 0.2\ sec \quad ; \quad t_2 = t_1 + 0.11 = 0.31\ sec \quad ; \quad t_3 = t_2 + 0.8 = 1.11\ sec$



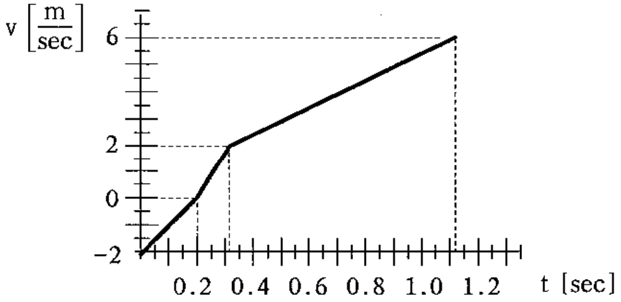
ג. כוח המנוע נתון במשוואה:

$$\Sigma F = m \cdot a$$
$$F - f = m \cdot a \implies F = f + m \cdot a$$
$$F_I = 1 + 2 \cdot 10 = 21\ N$$
$$F_{II} = 1 + 2 \cdot 18 = 37\ N$$
$$F_{III} = 1 + 2 \cdot 5 = 11\ N$$



ד. הגרף היה מוזז ב- $2\ \frac{m}{sec}$, כך שברגע תחילת התנועה המהירות

היתה נראית כ- $-2\ \frac{m}{sec}$ וכו'.



2. א. מכיוון שהרוח מפעילה כוח הן בכיוון Y והן בכיוון X, תהיה תאוצה בשני הכיוונים.

בכיוון Y:

$$\Sigma F_Y = m \cdot a_Y$$

$$m \cdot g + m \cdot 4 \cdot \sin(30^0) = m \cdot a_Y$$

$$a_Y = g + 2 = 12 \frac{m}{sec^2}$$

בכיוון X:

$$\Sigma F_X = m \cdot a_X$$

$$m \cdot 4 \cdot \cos(30^0) = m \cdot a_X$$

$$a_X = 3.46 \frac{m}{sec^2}$$

ב.

$$v_0 = 40 \frac{m}{sec} \; ; \; v = 0 \; ; \; a_Y = -12 \frac{m}{sec^2} \; ; \; x_0 = 100 \text{ m}$$

$$v^2 = v_0^2 + 2 \cdot a \cdot (x - x_0)$$

$$x = x_0 + \frac{v^2 - v_0^2}{2 \cdot a} = 100 + \frac{0^2 - 40^2}{2 \cdot (-12)} = 166.67 \text{ m}$$

ג.

$$x = x_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$$

$$0 = 100 + 40 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot (-12) \cdot t^2$$

$$6 \cdot t^2 - 40 \cdot t - 100 = 0$$

$$t_{1,2} = \frac{40 \pm \sqrt{(-40)^2 - 4 \cdot 6 \cdot (-100)}}{2 \cdot 6} = 8.6 \text{ sec} \; ; \; -1.9 \text{ sec}$$

הפיתרון הפיסיקאלי הוא הפתרון החיובי.

ד.

$$x = x_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$$

$$v_0 = 0 \; ; \; a_X = 3.46 \frac{m}{sec^2} \; ; \; t = 8.6 \text{ sec} \; ; \; x_0 = 0$$

$$x = 0 + 0 \cdot 8.6 + \frac{1}{2} \cdot 3.46 \cdot 8.6^2 = 128 \text{ m}$$

ה.

$$v = v_0 + a \cdot t$$

$$v_X = 0 + 3.46 \cdot 8.6 = 28\ \frac{m}{sec}$$

$$v_Y = 40 + (-12) \cdot 8.6 = -63.2\ \frac{m}{sec}$$

$$v = \sqrt{v_X^2 + v_Y^2} = \sqrt{28^2 + (-63.2)^2} = 69.1\ \frac{m}{sec}$$

$$tg(\alpha) = \frac{v_Y}{v_X} = \frac{-63.2}{28} = -2.25 \quad \Rightarrow \alpha = -66^0$$

ו. האנרגיה של הגוף גדלה כתוצאה מפעולת כוח הרוח עליו.

---

3. א. בנקודת שיווי המשקל שקול הכוחות שווה לאפס: $\Sigma F_X = 0$

$$k \cdot x_0 = m \cdot g \cdot \sin(\alpha)$$

$$x_0 = \frac{m \cdot g \cdot \sin(\alpha)}{k}$$

ב. התנועה היא תנועה הרמונית סביב נקודת שיווי המשקל, מאחר וכוח הכבידה מקוזז ע"י הכיווץ ההתחלתי של הקפיץ, ושאר הכוח פרופורציוני למרחק מנקודת שיווי המשקל:

$$\Sigma F = m \cdot g \cdot \sin(\alpha) - k \cdot (x' + x_0) = -k \cdot x'$$

כאשר x' הוא המרחק מנקודת שיווי המשקל.

ג. בנקודת הקיצון העליונה יש אנרגיה פוטנציאלית כובדית ואנרגיה פוטנציאלית אלסטית. כאשר המסה יורדת קטנות האנרגיות הפוטנציאליות וגדלה האנרגיה הקינטית, עד לנקודת שיווי המשקל. מנקודה זו קטנה האנרגיה הקינטית וגדלה האנרגיה הפוטנציאלית האלסטית, בעוד האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית ממשיכה לקטון עד לנקודת הקיצון הנמוכה.

ד. ההבדל הוא במצב הקפיץ בנקודת שיווי המשקל.

ה. אם נגדיר את ציר ה- X במקביל למישור המשופע:

$$x = A \cdot \cos(\omega \cdot t) = A \cdot \cos\left(\sqrt{\frac{k}{m}} \cdot t\right)$$

4. א.

$$v_{C.M.} = \frac{m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2}{m_1 + m_2} = \frac{2 \cdot 4 + 6 \cdot (-1)}{2 + 6} = 0.25 \, \frac{m}{sec}$$

ב. משימור התנע הקווי:

$$m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 = (m_1 + m_2) \cdot U$$

$$U = \frac{m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2}{m_1 + m_2} = \frac{2 \cdot 4 + 6 \cdot (-1)}{2 + 6} = 0.25 \, \frac{m}{sec}$$

מהירות הגוף המשותף היא בדיוק מהירות מרכז המסה.
מהירות מרכז המסה אינה משתנה כל זמן שלא פועלים כוחות חיצוניים. במקרה של התנגשות פלסטית המסה כולה היא גוף אחד ולכן מהירותו היא מהירות מרכז המסה.

ג. משימור התנע הקווי:

$$m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 = m_1 \cdot u_1 + m_2 \cdot u_2$$
$$2 \cdot 4 + 6 \cdot (-1) = 2 \cdot u_1 + 6 \cdot u_2$$
$$1 = u_1 + 3 \cdot u_2$$

משימור האנרגיה הקינטית:

$$v_1 - v_2 = u_2 - u_1$$
$$4 - (-1) = u_2 - u_1$$
$$5 = u_2 - u_1$$

נציב ונקבל:

$$1 = u_1 + 3 \cdot (5 + u_1) \implies 14 = -4 \cdot u_1 \implies u_1 = -3.5 \, \frac{m}{sec}$$

$$u_2 = 5 + u_1 = 5 + (-3.5) = 1.5 \, \frac{m}{sec}$$

$$v_{C.M.} = \frac{m_1 \cdot u_1 + m_2 \cdot u_2}{m_1 + m_2} = \frac{2 \cdot (-3.5) + 6 \cdot 1.5}{2 + 6} = 0.25 \, \frac{m}{sec}$$

מהירות מרכז המסה אינה משתנה כל זמן שלא פועלים כוחות חיצוניים.

ד. במקרה של התנגשות פלסטית:

$$J = \Delta(m \cdot v) = m_1 \cdot (u_1 - v_1) = 2 \cdot (0.25 - 4) = -7.5 \, N \cdot sec$$

המתקף על המסה השניה שווה בגודלו והפוך בכיוונו:

$$J = \Delta(m \cdot v) = m_2 \cdot (u_2 - v_2) = 6 \cdot (0.25 - (-1)) = 7.5 \, N \cdot sec$$

במקרה של התנגשות אלסטית לחלוטין:

$$J = \Delta(m \cdot v) = m_1 \cdot (u_1 - v_1) = 2 \cdot (-3.5 - 4) = -15\ N \cdot sec$$

המתקף על המסה השניה שווה בגודלו והפוך בכיוונו:

$$J = \Delta(m \cdot v) = m_2 \cdot (u_2 - v_2) = 6 \cdot (1.5 - (-1)) = 15\ N \cdot sec$$

ה. המתקף הכללי, היינו סכום המתקפים, שווה תמיד לאפס לפי חוק שימור התנע (או לפי החוק השלישי של ניוטון)

5. א. העבודה בהבאת יחידת מטען מאינסוף לנקודה שווה לאנרגיה הפוטנציאלית של מערכת מסות כאשר אחת מהמסות היא של 1 kg:

$$V_{G\,(A)} = -\frac{G \cdot m \cdot 1}{R} = -\frac{G \cdot m}{R}$$

ב. הסימן השלילי משמעו שמתקבלת אנרגיה בהבאת המטען מאינסוף לנקודה (במילים אחרות המסות נמשכות זו לזו וצריך להשקיע אנרגיה כדי להרחיק אותן זו מזו)

ג. פוטנציאל כבידה, כמו אנרגיה פוטנציאלית, הוא סקלר ולכן אין משמעות לכיוון, ושתי מסות לא מבטלות זו את השפעתה של זו.

$$V_{G\,(B)} = -\frac{G \cdot m_1}{R} + -\frac{G \cdot m_2}{R} = -\frac{G \cdot (m_1 + m_2)}{R}$$

ד. התשובה לא היתה משתנה מאחר והפוטנציאל נקבע על פי המרחק מכל אחת מהמסות ולא מן המרחק ביניהן.

ה. התשובה לא היתה משתנה מאחר והפוטנציאל מחושב בין מרכזי הכובד של הגופים, במקרה זה - מרכזי הכדורים.

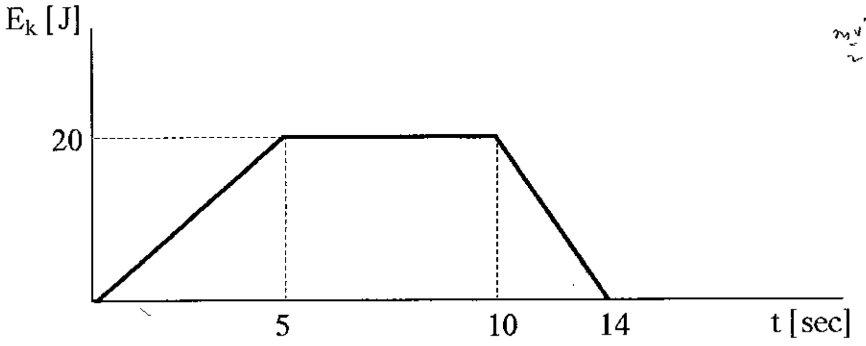
מבחן מתכונת מספר 10

משך הבחינה: שעה וחצי

מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה חמש שאלות. מתוכן עליך לענות על שלוש שאלות בלבד.

לכל שאלה - $33\frac{1}{3}$ נקודות. מספר הנקודות לכל סעיף רשום בסופו.

1. גוף נע בקו ישר. נתון גרף המתאר את הקשר בין האנרגיה הקינטית של הגוף והזמן שעובר מתחילת התנועה שלו:



א. תאר/י כל אחד משלבי התנועה (תנועה שוות מהירות , תנועה שוות תאוצה, תנועה בתאוצה משתנה) (9 נקודות)

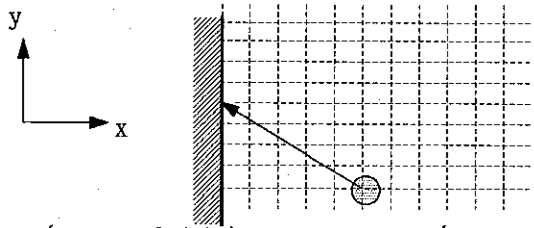
ב. מהו ההספק הממוצע שהושקע בכל אחד מהשלבים? (6 נקודות)

ג. מהו ההספק הממוצע שהושקע בכל התנועה? (8 נקודות)

ד. שרטט/י גרף איכותי של המהירות כפונקציה של הזמן. (5 1/3 נקודות)

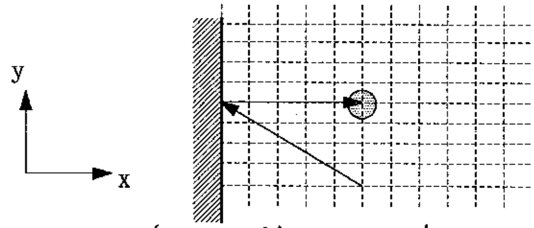
ה. שרטט/י גרף איכותי של התאוצה כפונקציה של הזמן. (5 נקודות)

2. כדור שמסתו 1 kg מתנגש בקיר בזווית. השרטוט המצורף מתאר את תנועת הכדור. כל שנתה אופקית ואנכית בשרטוט מתארת מרחק של 20 cm. מיקום הכדור שתי שניות לפני ההתנגשות בקיר מתואר בשרטוט.



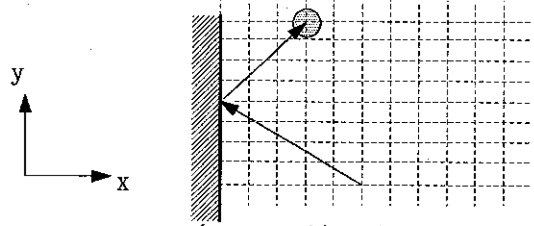
א. מהי מהירות הכדור לפני ההתנגשות? (3 1/3 נקודות)

ב. בשרטוט הבא מופיע הכדור שתי שניות לאחר ההתנגשות.



הסבר/י מדוע המצב לא אפשרי. (6 נקודות)

ג. בשרטוט הבא מופיע הכדור שתי שניות לאחר ההתנגשות.



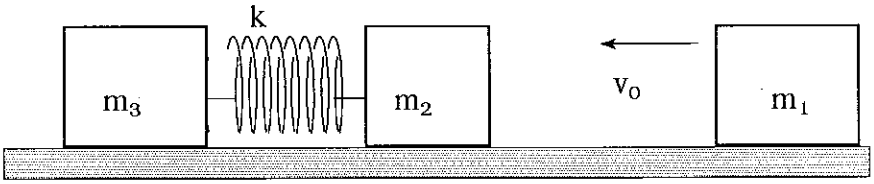
הסבר/י מדוע המצב אפשרי. (6 נקודות)

ד. במקרה המתואר בסעיף ג', האם נשמר התנע הכולל? (6 נקודות)

ה. במקרה המתואר בסעיף ג', האם נשמרה האנרגיה הקינטית? (6 נקודות)

ו. במקרה המתואר בסעיף ג', מהו הכוח הממוצע שהופעל על ידי הקיר אם משך הפגיעה בו היה $2\cdot10^{-4}$ sec? (6 נקודות)

3. גוף שמסתו m_1 מקבל מהירות התחלתית v_0 ונע על משטח אופקי חסר חיכוך. הגוף מתנגש בהתנגשות פלסטית במערכת של שתי מסות במנוחה, האחת m_2 והשניה m_3, הקשורות ביניהן בקפיץ שקבוע הקפיץ שלו הוא k.



א. תאר/י באופן איכותי את התנועה שתתקבל. (8 1/3 נקודות)

ב. האם התנע הכללי של המערכת נשמר במהלך ההתנגשות? הסבר/י (4 נקודות)

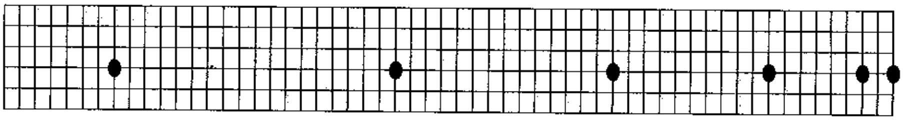
ג. האם האנרגיה המכנית של המערכת נשמרת במהלך ההתנגשות? הסבר/י (4 נקודות)

ד. תאר/י את גילגולי האנרגיה במהלך התנועה. (5 נקודות)

ה. האם מהירות מרכז המסה נשמרת במהלך ההתנגשות? הסבר/י (4 נקודות)

ו. מהו הכיווץ המכסימלי של הקפיץ? (8 נקודות)

4. תאוצת גוף היורד במישור משופע לא חלק שזוויתו 30^0 נמדדה בניסוי ממוחשב ע"י רישום מיקום הגוף ברגעי זמן שונים. בניסוי נרשם מיקום של גוף כל $1\,sec$ מן הרגע בו התחיל הגוף לנוע. המרחק בין שני קווים אופקיים ברישום הוא $0.2\,cm$



א. העבר/י את הנתונים לטבלה בת חמש מדידות של העתק כפונקציה של זמן מתחילת התנועה. (4 נקודות)

ב. שרטט/י גרף לינארי שמשיפועו ניתן לחשב את תאוצת הגוף. (6 נקודות)

ג. מהי תאוצת הגוף? (6 נקודות)

ד. מהו הביטוי המתמטי לתאוצת גוף היורד במישור משופע לא חלק? (8 נקודות)

ה. מהו מקדם החיכוך הקינטי שבין הגוף והמשטח? (6 נקודות)

ו. כיצד משפיעה מסת הגוף על התוצאות? (3 1/3 נקודות)

5. א. מהו ההבדל בין מסת התמד (מסה אינרציאלית) ובין מסת כבידה (מסה גרוויטציונית)? (6 נקודות)

ב. בביטוי למשקל גוף כ-$W=Mg$ האם המסה היא מסת התמד או מסת כבידה? (6 נקודות)

ג. בביטוי על פי החוק השני של ניוטון המשווה את שקול הכוחות הפועל על הגוף ΣF ל-ma, האם המסה היא מסת התמד או מסת כבידה? (6 נקודות)

ד. מהם הכוחות הפועלים על גוף הנמצא באוויר, אם מזניחים את התנגדות האוויר? (4 נקודות)

ה. השתמש/י בחוק השני של ניוטון למצוא את תאוצת גוף הנמצא באוויר. (5 נקודות)

ו. מדוע אנחנו מרשים לעצמנו לצמצם את המסות במשוואה: $Mg = ma$? (6 1/3 נקודות)

בהצלחה!!!

תשובות סופיות - מבחן מתכונת מספר 10

שאלה מספר 1

א. בחלק הראשון של התנועה תאוצה משתנה, בחלק השני של התנועה מהירות קבועה ובחלק השלישי תאוטה משתנה.

ב. $\overline{P}_1 = 4\ W \quad ; \quad \overline{P}_2 = 0 \quad ; \overline{P}_3 = -5\ W$

ג. $\overline{P} = 0$

שאלה מספר 2

א. $v_X = 0.5\ \frac{m}{sec} \quad ; \quad v_Y = 0.4\ \frac{m}{sec}$

ב. הקיר מפעיל כוח בכיוון ציר X בלבד. אין לאחר ההתנגשות תנע בציר Y, והדבר אינו אפשרי.

ג. המהירות בציר Y נשארה זהה לאחר ההתנגשות.

ד. לא. התנע הכולל לא נשמר.

ה. לא. האנרגיה הקינטית לא נשמרה.

ו. $F = 8000\ N$

שאלה מספר 3

א. המסה m_1 נעה במהירות קבועה עד לפגיעה ב-m_2.
לאחר ההתנגשות נעות שתי המסות לעבר m_3. מיד עם תחילת התנועה מתחיל הקפיץ להתכווץ ולהפעיל כוח על המסה m_3 המתחילה גם היא בתנועה. מהירות המסה המשותפת m_1-m_2 הולכת וקטנה בעוד מהירות המסה m_3 הולכת וגדלה עד למהירות משותפת. במצב זה הקפיץ מכווץ מכסימום. לאחר הכיווץ המכסימלי מתחיל הקפיץ להשתחרר.

ב. כן. התנע הקווי הכולל נשמר.

ג. לא. האנרגיה המכנית לא נשמרת.

ד. האנרגיה היא כולה קינטית בהתחלה. בהתנגשות חלק מן האנרגיה הקינטית הופך לחום. לאחר ההתנגשות האנרגיה הופכת להיות פוטנציאלית אלסטית וקינטית. בשום שלב לא נעלמת האנרגיה הקינטית, אלא רק קטנה עד למצב בו האנרגיה הפוטנציאלית האלסטית מכסימלית.

ה. כן. מהירות מרכז המסה נשמרת.

ו. $x = v_0 \cdot m_1 \cdot \sqrt{\frac{1}{k} \cdot \left[\frac{1}{m_1 + m_2} - \frac{1}{m_1 + m_2 + m_3}\right]}$

שאלה מספר 4

ג. $a = 0.4 \frac{cm}{sec^2}$

ד. $a = g \cdot [\sin(\alpha) - \mu \cdot \cos(\alpha)]$

ה. $\mu = 0.0009$

ו. המסה אינה משפיעה על התוצאה

שאלה מספר 5

א. מסת התמד היא היכולת של גוף להתנגד לשינוי מהירותו כאשר מופעל עליו כוח.
מסת כבידה היא הקבוע שיש להכפיל בו את הערך של שדה הכבידה בו נמצא הגוף כדי למצוא את הכוח הפועל על הגוף.

ב. בנוסחה $W = M \cdot g$ המסה היא מסת כבידה.
בנוסחה $\Sigma F = m \cdot a$ המסה היא מסת התמד.

ד. הכוח היחיד הפועל על הגוף הוא כוח הכובד (המשקל)

ה. $a = g$

ו. נסיונות מעבדתיים (ניסוי קוונדיש) הוכיחו את זהות שתי המסות עד לדיוק המדידה האפשרי.

תשובות מלאות - מבחן מתכונת מספר 10

1. א. בחלק הראשון של התנועה תאוצה משתנה (ריבוע המהירות גדל באופן לינארי, אז המהירות עצמה לא), בחלק השני של התנועה מהירות קבועה (האנרגיה הקינטית קבועה) ובחלק השלישי תאוטה משתנה.

ב. ההספק הממוצע מוגדר כך: $\bar{P} = \frac{\Delta E}{\Delta t}$

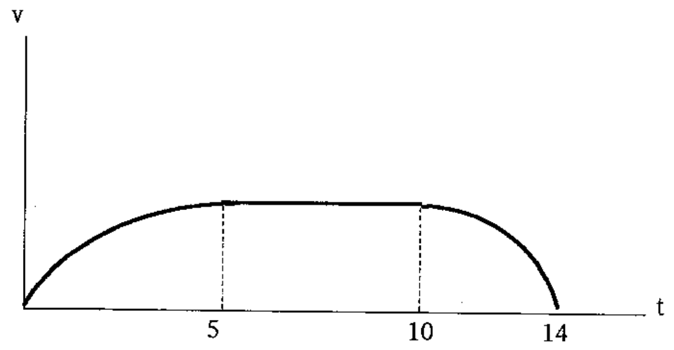
$$\bar{P}_1 = \frac{20}{5} = 4\text{ W} \quad ; \quad \bar{P}_2 = \frac{0}{5} = 0 \quad ; \bar{P}_3 = \frac{-20}{4} = -5\text{ W}$$

ג. ההספק הממוצע לכל התנועה הוא אפס כי אין שינוי מהמצב ההתחלתי למצב הסופי: $\bar{P} = \frac{0}{5} = 0$

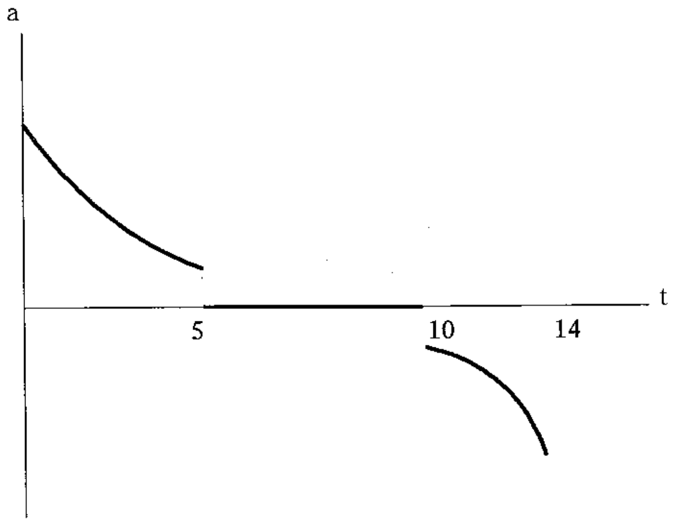
ד. בחלק הראשון ריבוע המהירות פרופורציוני לזמן:

$$v^2 = 4 \cdot t \quad \Longrightarrow \quad v = 2 \cdot \sqrt{t}$$

בחלק השני המהירות קבועה.
גם בחלק השלישי התאוטה פרופורציונית לשורש המהירות.



ה. בחלק הראשון התאוצה הולכת וקטנה (השיפוע הולך וקטן)
בחלק השני אין תאוצה.
בחלק השלישי יש תאוטה ההולכת וגדלה.



2. א. $\Delta x = 4 \cdot 0.2 = 0.8 \text{ m}$; $\Delta x = 5 \cdot 0.2 = 1 \text{ m}$; $\Delta t = 2 \text{ sec}$

$$v_X = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{1}{2} = 0.5 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad ; \quad v_Y = \frac{\Delta y}{\Delta t} = \frac{0.8}{2} = 0.4 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

ב. הקיר מפעיל כוח בכיוון ציר X בלבד, כך שרק בכיוון זה יכול התנע הקווי להשתנות. בדוגמה בסעיף זה אין לאחר ההתנגשות תנע בציר Y, והדבר אינו אפשרי.

ג. במקרה זה המהירות בציר Y נשארה זהה לאחר ההתנגשות, ואילו המהירות בציר X קטנה בגודלה והתהפכה בכיוונה, וזו יכולה להיות התוצאה של פגיעה בקיר.

ד. לא. התנע הכולל לא נשמר כי פעל כוח חיצוני על ידי הקיר.

ה. לא. האנרגיה הקינטית לא נשמרה כי ההתנגשות עם הקיר לא היתה התנגשות אלסטית לחלוטין (גודל המהירות בציר X קטן)

ו. הנתונים הם:

$$\Delta t = 2\cdot 10^{-4}\ \text{sec}\ ;\ v_X = 1\ \frac{m}{sec}\ ;\ u_X = -0.6\ \frac{m}{sec}$$

$$F\cdot\Delta t = \Delta(m\cdot v)$$

$$F = m\cdot\frac{\Delta v}{\Delta t} = 1\cdot\frac{1-(-0.6)}{2\cdot 10^{-4}} = 8000\ N$$

3. א. המסה m_1 נעה במהירות קבועה עד לפגיעה ב-m_2.
לאחר ההתנגשות נעות שתי המסות לעבר m_3. מיד עם תחילת התנועה מתחיל הקפיץ להתכווץ ולהפעיל כוח על המסה m_3 המתחילה גם היא בתנועה. מהירות המסה המשותפת m_1-m_2 הולכת וקטנה בעוד מהירות המסה m_3 הולכת וגדלה עד למהירות משותפת. במצב זה הקפיץ מכווץ מכסימום. לאחר הכיווץ המכסימלי מתחיל הקפיץ להשתחרר.

ב. כן. התנע הקווי הכולל נשמר במהלך ההתנגשות כי לא פועלים כוחות חיצוניים על המערכת.

ג. לא. האנרגיה המכנית לא נשמרת במהלך ההתנגשות הפלסטית כי בהתנגשות הופך חלק מהאנרגיה לחום.

ד. האנרגיה היא כולה קינטית בהתחלה. בהתנגשות חלק מן האנרגיה הקינטית הופך לחום. לאחר ההתנגשות האנרגיה הופכת להיות פוטנציאלית אלסטית וקינטית. בשום שלב לא נעלמת האנרגיה הקינטית, אלא רק קטנה עד למצב בו האנרגיה הפוטנציאלית האלסטית מכסימלית.

ה. כן. מהירות מרכז המסה נשמרת לאורך כך התנועה כי אין כוחות חיצוניים על המערכת.

ו. המהירות המשותפת מיד לאחר ההתנגשות:

$$m_1\cdot v_0 = (m_1+m_2)\cdot U$$

$$U = v_0\cdot\frac{m_1}{m_1+m_2}$$

האנרגיה הכוללת מיד לאחר ההתנגשות:

$$E_1 = E_K = \frac{1}{2}\cdot(m_1 + m_2)\cdot U^2 = \frac{1}{2}\cdot\frac{m_1^2}{m_1 + m_2}\cdot v_0^2$$

כאשר הקפיץ מכווץ מכסימום, מהירות המסות זהה והיא בדיוק מהירות מרכז המסה. נחשב לכן, את מהירות מרכז המסה בתחילת התנועה:

$$v_{C.M.} = \frac{m_1\cdot v_0}{m_1 + m_2 + m_3}$$

האנרגיה הכוללת ברגע שהקפיץ מכווץ היא האנרגיה הקינטית של שלוש המסות והאנרגיה של הקפיץ:

$$E = \frac{1}{2}\cdot(m_1 + m_2 + m_3)\cdot v_{C.M.}^2 + \frac{1}{2}\cdot k\cdot x^2$$

$$E_2 = \frac{1}{2}\cdot\frac{m_1^2}{m_1 + m_2 + m_3}\cdot v_0^2 + \frac{1}{2}\cdot k\cdot x^2$$

נשווה את האנרגיות E_1 ו- E_2 ונקבל:

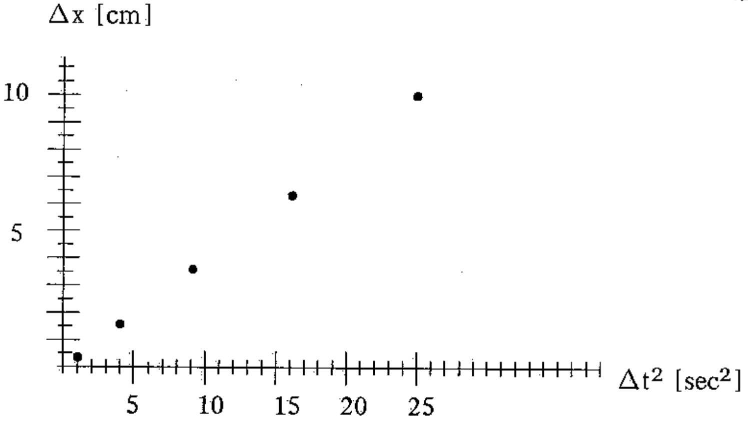
$$\frac{1}{2}\cdot\frac{m_1^2}{m_1 + m_2}\cdot v_0^2 = \frac{1}{2}\cdot\frac{m_1^2}{m_1 + m_2 + m_3}\cdot v_0^2 + \frac{1}{2}\cdot k\cdot x^2$$

$$x = v_0\cdot m_1\cdot\sqrt{\frac{1}{k}\cdot\left[\frac{1}{m_1 + m_2} - \frac{1}{m_1 + m_2 + m_3}\right]}$$

4. א. הטבלה היא:

Δx [cm]	Δt^2 [sec^2]
0.4	1
1.6	4
3.6	9
6.4	16
10.0	25

ב.



ג. השיפוע הוא:

$$\frac{a}{2} = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{10 - 0.4}{25 - 1} = 0.4\,\frac{cm}{sec^2} \implies a = 0.8\,\frac{cm}{sec^2}$$

ד. התאוצה במישור משופע לא חלק היא:

$$\Sigma F = m \cdot a$$
$$m \cdot g \cdot \sin(\alpha) - \mu \cdot m \cdot g \cdot \cos(\alpha) = m \cdot a$$
$$a = g \cdot [\sin(\alpha) - \mu \cdot \cos(\alpha)]$$

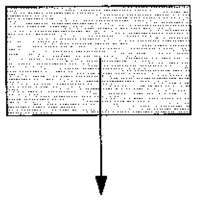
ה. $$\mu = tg(\alpha) - \frac{a}{g \cdot \cos(\alpha)} = tg(30^0) - \frac{0.008}{10 \cdot \cos(30^0)} = 0.0009$$

ו. המסה אינה משפיעה כלל על התוצאה (היא התבטלה בחישוב התאוצה)

5. א. מסת התמד היא היכולת של גוף להתנגד לשינוי מהירותו כאשר מופעל עליו כוח (או במילים אחרות היחס בין הכוח השקול הפועל על גוף והתאוצה שהכוח גורם)
מסת כבידה היא הקבוע שיש להכפיל בו את הערך של שדה הכבידה בו נמצא הגוף כדי למצוא את הכוח הפועל על הגוף.
ב. בנוסחה $W = M \cdot g$ המסה היא מסת כבידה המכפילה את הערך של שדה הכבידה g כדי לדעת מהו הכוח (המשקל) הפועל על הגוף.

ג. בנוסחה $\Sigma F = m \cdot a$ המסה היא מסת התמד.

ד. הכוח היחיד הפועל על הגוף הוא כוח הכובד (המשקל)



ה.

$$\Sigma F = m \cdot a$$
$$W = m \cdot a$$
$$m \cdot g = m \cdot a$$
$$a = g$$

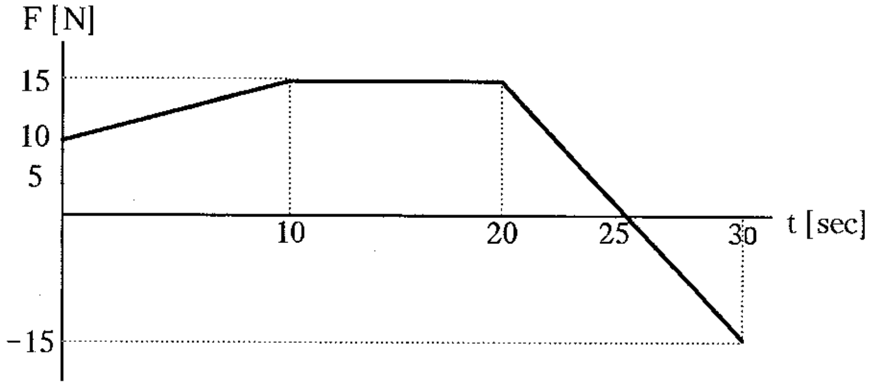
ו. נסיונות מעבדתיים (ניסוי קוונדיש) הוכיחו את זהות שתי המסות עד לדיוק המדידה האפשרי.

מבחן מתכונת מספר 11

משך הבחינה: שעה וחצי
מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה חמש שאלות. מתוכן עליך לענות על שלוש שאלות בלבד.

לכל שאלה - $33\frac{1}{3}$ נקודות. מספר הנקודות לכל סעיף רשום בסופו.

1. נתון גרף המתאר את הכוח הפועל על מסה של 5kg כפונקציה של הזמן.
למסה מהירות התחלתית של 4m/sec בכיוון הפוך לכיוון פעולת הכוח.



א. מהו המתקף שפועל על הגוף במשך 30sec? (5 נקודות)

ב. מהו שינוי התנע הקווי של הגוף במשך 30sec? (5 נקודות)

ג. מהי מהירות הגוף לאחר 30sec? (8 נקודות)

ד. מהי המהירות המירבית אליה מגיע הגוף? (8 נקודות)

ה. כיצד נראה, באופן איכותי, גרף המהירות כפונקציה של הזמן במשך שלושים השניות? (7 1/3 נקודות)

2. למערכת המתנודדת בתנועה הרמונית פשוטה עם משרעת של 30 cm יש ברגע $t=0$ אנרגיה קינטית של 8 J ואנרגיה פוטנציאלית של 1 J. המהירות המכסימלית של המערכת היא 2 m/sec.

א. האם האנרגיה הכוללת של המערכת נשארת קבועה? (3 1/3 נקודות)

ב. מהי האנרגיה הכוללת של הגוף? (4 נקודות)

ג. מהי מסת הגוף? (6 נקודות)

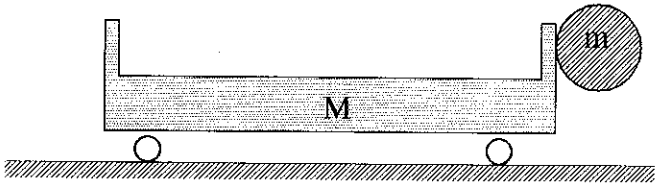
ד. מהו קבוע התנועה? (5 נקודות)

ה. מהו מרחק הגוף מנקודת שיווי המשקל ברגע $t=0$? (5 נקודות)

ו. מהי תדירות התנועה? (5 נקודות)

ז. כיצד נראה גרף ההעתק כפונקציה של הזמן אם נתון שכיוון מהירות הגוף ברגע $t=0$ הוא אל נקודת שיווי המשקל?? (5 1/3 נקודות)

3. כדור שמסתו m מודבק בקצה הדופן של קרונית פתוחה שמסתה M. הקרונית מתחילה להאיץ בתאוצה קבועה שמאלה וכאשר היא מגיעה למהירות v ניתק הכדור מן הקרונית. הקרונית ממשיכה להאיץ גם לאחר הניתוק.



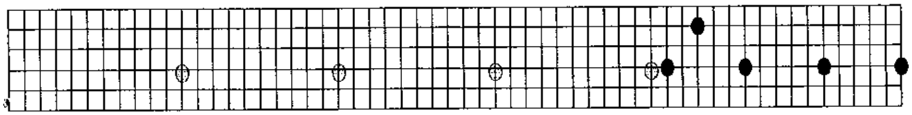
א. מהי צורת המסלול של הכדור ביחס לריצפה? (4 1/3 נקודות)

ב. מהי צורת המסלול של הכדור ביחס לקרונית? (5 נקודות)

ג. כיצד משתנה מהירות הקרונית כתוצאה מניתוק הכדור? (6 נקודות)

ד. נחלק את התנועה של הכדור לשלושה חלקים נפרדים: תאוצה משותפת, רגע הניתוק, תנועה בנפרד.
(I) האם נשמר התנע הקווי הכללי של המערכת בכל אחד מחלקי התנועה? הסבר/י (נתח/י כל רכיב של התנע בנפרד). (9 נקודות)
(II) האם נשמרה האנרגיה המכנית הכללית של המערכת בכל אחד מחלקי התנועה? הסבר/י (9 נקודות)

4. בניסוי ממוחשב נרשם מיקום של גוף כל 0.5sec. המרחק בין שני קווים אופקיים ברישום ובין שני קווים אנכיים ברישום הוא 0.2cm. התיאור של התנגשות בין שני כדורים זהים (זמן התנגשות זניח) נראה כך:



א. מהי מהירות כל אחד מהגופים לפני ההתנגשות? (3 1/3 נקודות)

ב. מהי מהירות הגוף הימני אחרי ההתנגשות? (8 נקודות)

ג. מהן הזוויות בהן נעים הגופים אחרי ההתנגשות? (8 נקודות)

ד. מהי מהירות מרכז המסה אחרי ההתנגשות? (6 נקודות)

ה. האם אבדה אנרגיה קינטית בהתנגשות הסבר/י? (8 נקודות)

5. שני כדורים שמסתם m ו-2m משוחררים ממנוחה במרחק R_0 זה מזה. הכדורים מתקרבים זה לזה בגלל כוח הכבידה.

א. תאר/י את גילגולי האנרגיה במהלך התנועה.(5 1/3 נקודות)

ב. פי כמה גדולה מהירות המסה הקטנה ממהירות המסה הגדולה? (6 נקודות)

ג. מהו הקשר בין מהירות המסה הקטנה ובין המרחק R בין המסות? (12 נקודות)

ד. כיצד נראה הגרף של ריבוע מהירות המסה הקטנה v_m^2 כפונקציה של 1/R (כאשר R הוא המרחק בין הגופים)? (10 נקודות)

בהצלחה!!!

תשובות סופיות – מבחן מתכונת מספר 11

שאלה מספר 1

א. $J = 275\ N \cdot sec$

ב. $\Delta P = 275\ kg \cdot \frac{m}{sec}$

ג. $v = 51\ \frac{m}{sec}$

ד. $v = 58.5\ \frac{m}{sec}$

שאלה מספר 2

א. כן. סך כל האנרגיה נשאר קבוע.

ב. $E = 9\ J$

ג. $m = 4.5\ kg$

ד. $k = 200\ \frac{N}{m}$

ה. $x = 0.1\ m$

ו. $f = 1.06\ Hz$

שאלה מספר 3

א. זריקה אופקית שמאלה. צורת המסלול היא פרבולה.

ב. התנועה היא בקו ישר בזווית. הזווית היא לפי יחס התאוצות.

ג. מהירות הקרונית לא משתנה

ד. (I) בזמן התאוצה המשותפת לא נשמר התנע הקווי.
בזמן הניתוק נשמר התנע הקווי הכללי .
בזמן התנועה לבד לא נשמר התנע הקווי.

(II) בזמן התאוצה המשותפת לא נשמרת האנרגיה הכוללת.
בזמן הניתוק נשמרת האנרגיה הכוללת.
בזמן התנועה לבד נשמרת האנרגיה הכוללת.

שאלה מספר 4

א. $v_2 = 10\ \frac{cm}{sec}$ $\qquad v_1 = -5\ \frac{cm}{sec}$

ב. $u_{1\,Y} = 2\ \frac{cm}{sec}$ $\qquad u_{1\,X} = -2\ \frac{cm}{sec}$

ג. $\alpha_2 = -15.9^0$

ד. $v_{C.M.} = 2.5\ \frac{cm}{sec}$

ה. אנרגיה קינטית אבדה בהתנגשות.

שאלה מספר 5

א. כאשר הכדורים משוחררים האנרגיה שלהם היא רק פוטציאלית הכובדית. ככל שהגופים מתקרבים יותר זה לזה האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית קטנה והאנרגיה הקינטית הולכת וגדלה.

ב. $v_m = -2 \cdot v_{2m}$

ג. $v_m = \sqrt{\frac{8}{3} \cdot G \cdot m \cdot \left[\frac{1}{R} - \frac{1}{R_0}\right]}$

תשובות מלאות - מבחן מתכונת מספר 11

1. א. המתקף הוא השטח שמתחת לגרף הכוח כפונקציה של הזמן:

$$J = 10\cdot 10 + \frac{10\cdot 5}{2} + 10\cdot 15 + \frac{5\cdot 15}{2} - \frac{5\cdot 15}{2} = 275\ N\cdot sec$$

ב. שינוי התנע שווה למתקף הכולל: $\Delta P = 275\ kg\cdot\frac{m}{sec}$

ג.

$$\Delta P = \Delta(m\cdot v) = m\cdot(v - v_0)$$

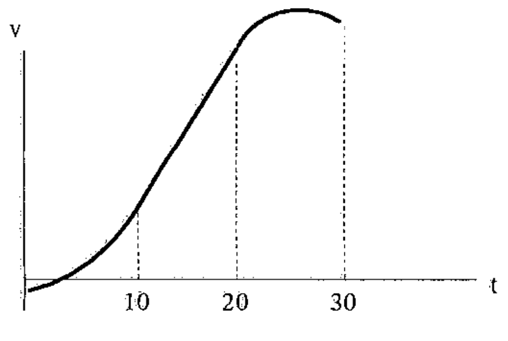
$$v = \frac{\Delta P}{m} + v_0 = \frac{275}{5} + (-4) = 51\ \frac{m}{sec}$$

ד. המהירות המירבית היא כאשר הכוח מתאפס. עד אז היה כוח חיובי שגרם לתאוצה, אחר כך הכוח שלילי וגורם לתאוטה.
עד לשלב הזה:

$$J = 10\cdot 10 + \frac{10\cdot 5}{2} + 10\cdot 15 + \frac{5\cdot 15}{2} = 312.5\ N\cdot sec$$

$$v = \frac{\Delta P}{m} + v_0 = \frac{312.5}{5} + (-4) = 58.5\ \frac{m}{sec}$$

ה. גרף הכוח הינו בעצם גרף התאוצה. גרף התאוצה הינו הגרף של שיפוע המהירות. זאת אומרת שבשלב הראשון השיפוע הולך וגדל, אחר כך השיפוע קבוע ולבסוף השיפוע הולך וקטן. כאשר הכוח מתאפס המהירות מגיעה לשיאה ואחר כך מתחילה לקטון.



2. א. כן. במערכת הנעה בתנועה הרמונית פשוטה סך כל האנרגיה נשאר קבוע ואנרגיה מחליפה צורות בין אנרגיה קינטית ואנרגיה פוטנציאלית (אלסטית או כובדית)

ב. האנרגיה הכוללת של הגוף היא סכום האנרגיות:

$$E = E_K + U = 8 + 1 = 9 \text{ J}$$

ג. המהירות המכסימלית היא כאשר כל האנרגיה היא אנרגיה קינטית:

$$E = E_K = \frac{1}{2}\cdot m\cdot v^2 \quad \Longrightarrow \quad m = \frac{2\cdot E}{v^2} = \frac{2\cdot 9}{2^2} = 4.5 \text{ kg}$$

ד. בנקודת הקיצון כל האנרגיה היא פוטנציאלית בלבד:

$$E = U = \frac{1}{2}\cdot k\cdot A^2 \quad \Longrightarrow \quad k = \frac{2\cdot E}{A^2} = \frac{2\cdot 9}{0.3^2} = 200\,\frac{\text{N}}{\text{m}}$$

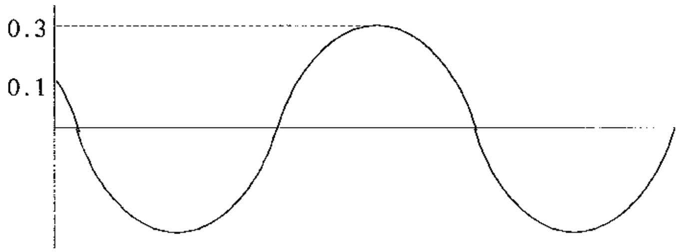
ה.

$$U = \frac{1}{2}\cdot k\cdot x^2 \quad \Longrightarrow \quad x = \sqrt{\frac{2\cdot U}{k}} = \sqrt{\frac{2\cdot 1}{200}} = 0.1 \text{ m}$$

ו.

$$f = \frac{1}{2\cdot\pi}\cdot\sqrt{\frac{k}{m}} = \frac{1}{2\cdot\pi}\cdot\sqrt{\frac{200}{4.5}} = 1.06 \text{ Hz}$$

ז.



3. א. לכדור מהירות התחלתית אותה קיבל מן העגלה, ולכן ביחס לקרקע הכדור נזרק בזריקה אופקית שמאלה. צורת המסלול היא פרבולה.

ב. לקרונית תאוצה בכיוון X כך שלה נראה שבכיוון X יש לכדור תאוצה קבועה (ומהירות התחלתית אפס) בדיוק כמו בציר Y. לכן התנועה היא בקו ישר בזווית. הזווית היא לפי יחס התאוצות.

ג. מהירות הקרונית לא משתנה כתוצאה מהניתוק מכיוון שלשני הגופים היתה אותה המהירות בזמן הניתוק.

ד. (I) בזמן התאוצה המשותפת לא נשמר התנע הקווי. כוח המנוע של הקרונית הוא כוח חיצוני.
בזמן הניתוק נשמר התנע הקווי הכללי כי אין כוחות חיצוניים.
בזמן התנועה לבד לא נשמר התנע הקווי כי פועל כוח חיצוני והוא משקל הגוף הגורם להגדלת המהירות בציר Y.

(II) בזמן התאוצה המשותפת לא נשמרת האנרגיה הכוללת כי כוח המנוע של הקרונית הוא כוח חיצוני.
בזמן הניתוק נשמרת האנריגה הכוללת כי אין כוחות חיצוניים וכוחות פנימיים.
בזמן התנועה לבד נשמרת האנרגיה הכוללת והופכת מאנרגיה פוטנציאלית כובדית לאנרגיה קינטית.

4. א. נבחר את הכיוון החיובי ימינה ומעלה:

$$v_1 = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{0.2\cdot(-5)}{0.2} = -5\,\frac{cm}{sec}$$

$$v_2 = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{0.2\cdot 10}{0.2} = 10\,\frac{cm}{sec}$$

ב.

$$u_{1\,x} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{0.2\cdot(-2)}{0.2} = -2\,\frac{cm}{sec}$$

$$u_{1\,Y} = \frac{\Delta Y}{\Delta t} = \frac{0.2\cdot 2}{0.2} = 2\,\frac{cm}{sec}$$

הזווית של הגוף הימני היא:

$$tg(\alpha_1) = \frac{u_{1\,Y}}{u_{1\,X}} = \frac{2}{2} = 1 \quad \Longrightarrow \quad \alpha_1 = 45^0$$

כדי למצוא את נתוני הגוף השמאלי אחרי ההתנגשות נשתמש בחוק שימור התנע הקווי בשני הרכיבים:

ג. השימור בציר X:
$$m\cdot v_1 + m\cdot v_2 = m\cdot u_{1\,X} + m\cdot u_{2\,X}$$
$$v_1 + v_2 = u_{1\,X} + u_{2\,X} \quad \Longrightarrow \quad -5 + 10 = -2 + u_2\cdot\cos(\alpha_2)$$
$$u_2\cdot\cos(\alpha_2) = 7$$

השימור בציר Y:
$$0 = m\cdot u_{1\,Y} + m\cdot u_{2\,Y}$$
$$0 = u_{1\,Y} + u_{2\,Y} \quad \Longrightarrow \quad 0 = 2 + u_2\cdot\sin(\alpha_2)$$
$$u_2\cdot\sin(\alpha_2) = -2$$

נחלק משוואה במשוואה ונקבל:

$$\frac{u_2\cdot\sin(\alpha_2)}{u_2\cdot\cos(\alpha_2)} = \frac{-2}{7} \quad \Longrightarrow \quad tg(\alpha_2) = -0.286 \Longrightarrow \alpha_2 = -15.9^0$$

הזווית שלילית כי הגוף נע מתחת לציר ה- X.

ד. מאחר ומהירות מרכז המסה לא משתנה במהלך ההתנגשות נחשב את הירות מרכז המסה לפני ההתנגשות וזוהי גם מהירות מרכז המסה אחרי ההתנגשות.

$$v_{C.M.} = \frac{m\cdot(-5) + m\cdot 10}{m + m} = 2.5\,\frac{cm}{sec}$$

ה. נמצא את גודל המהירות u_1:

$$u_1 = \sqrt{u_{1X}^2 + u_{1Y}^2} = \sqrt{(-2)^2 + 2^2} = 2.83\,\frac{cm}{sec}$$

ה. נמצא את המהירות u_2 אחרי ההתנגשות:

$$u_2\cdot\cos(\alpha_2) = 7 \quad \Rightarrow \quad u_2 = \frac{7}{\cos(\alpha_2)} = \frac{7}{\cos(-15.9)} = 7.28\,\frac{cm}{sec}$$

נחשב את האנרגיה הקינטית לפני ואחרי ההתנגשות:

$$E_i = \frac{1}{2}\cdot m\cdot v_1^2 + \frac{1}{2}\cdot m\cdot v_2^2 = \frac{1}{2}\cdot m\cdot(-5)^2 + \frac{1}{2}\cdot m\cdot 10^2 = 62.5\cdot m$$

$$E_f = \frac{1}{2}\cdot m\cdot u_1^2 + \frac{1}{2}\cdot m\cdot u_2^2 = \frac{1}{2}\cdot m\cdot 2.83^2 + \frac{1}{2}\cdot m\cdot 7.28^2 = 30.5\cdot m$$

אנרגיה קינטית אבדה בהתנגשות.

5. א. כאשר הכדורים משוחררים האנרגיה שלהם היא רק פוטנציאלית הכובדית. ככל שהגופים מתקרבים יותר זה לזה האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית קטנה והאנרגיה הקינטית הולכת וגדלה.

ב. כאשר המסות נעות זו לעבר זו מהירות מרכז המסה נשארת אפס (או במילים אחרות התנע הכולל נשמר כאפס) ולכן:

$$m \cdot v_m + 2m \cdot v_{2m} = 0 \quad \Longrightarrow \quad v_m = -2 \cdot v_{2m}$$

המסה הקטנה נעה במהירות גדולה פי שניים מן המסה הגדולה.

ג. משימור האנרגיה:

$$-\frac{G \cdot m \cdot 2m}{R_0} = -\frac{G \cdot m \cdot 2m}{R} + \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_m^2 + \frac{1}{2} \cdot 2m \cdot v_{2m}^2$$

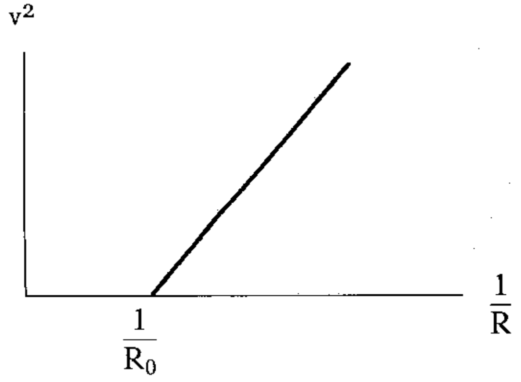
$$4 \cdot G \cdot m \cdot \left[\frac{1}{R} - \frac{1}{R_0}\right] = v_m^2 + 2 \cdot \left[\frac{v_m}{2}\right]^2$$

$$v_m = \sqrt{\frac{8}{3} \cdot G \cdot m \cdot \left[\frac{1}{R} - \frac{1}{R_0}\right]}$$

ד. מאחר והקשר הוא:

$$v_m^2 = \frac{8}{3} \cdot G \cdot m \cdot \left[\frac{1}{R} - \frac{1}{R_0}\right]$$

הגרף הוא:



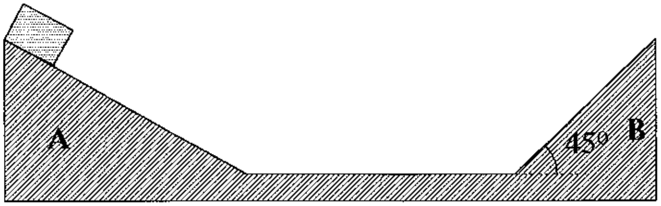
מבחן מתכונת מספר 12

משך הבחינה: שעה וחצי

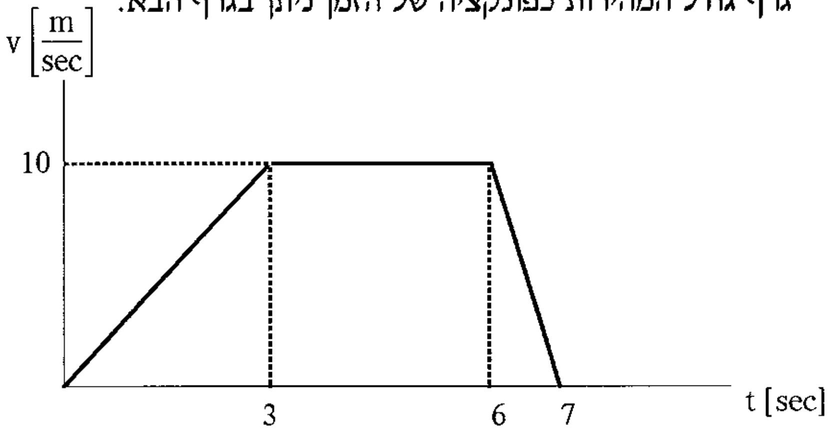
מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה חמש שאלות. מתוכן עליך לענות על שלוש שאלות בלבד.

לכל שאלה - $33\frac{1}{3}$ נקודות. מספר הנקודות לכל סעיף רשום בסופו.

1. גוף מחליק מראש מישור משופע (A), ממשיך לנוע על משטח ישר ואחר כך עולה במישור משופע שני (B) עד לעצירה. המישור המשופע A חלק.



גרף גודל המהירות כפונקציה של הזמן ניתן בגרף הבא:



א. מהו הגובה ממנו ירד הגוף, ביחס למישור האופקי? (5 1/3 נקודות)

ב. מהי זווית השיפוע של המישור המשופע A? (6 נקודות)

(המשך בעמוד הבא)

ג. האם המישור האופקי חלק הסבר/י? (4 נקודות)

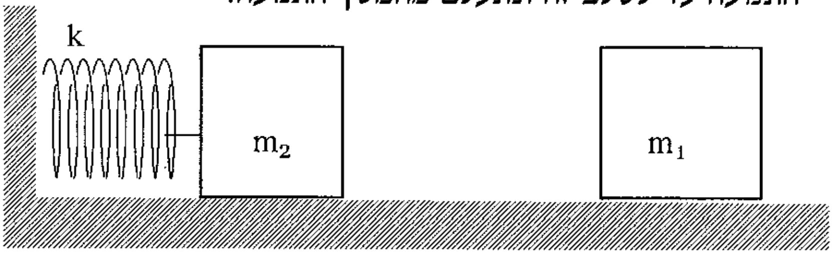
ד. מהו אורך המישור האופקי? (5 נקודות)

ה. האם המישור המשופע B חלק (ענה/י ללא חישוב מפורט)? (3 נקודות)

ו. מהו הגובה אליו יעלה הגוף על המישור המשופע B? (5 נקודות)

ז. איזה אחוז מהאנרגיה הפך לחום עד לעצירת הגוף? (5 נקודות)

2. מסה m_1 נעה על משטח אופקי חלק, מתנגשת התנגשות פלסטית במסה שניה m_2 הנמצאת במנוחה וקשורה לקפיץ חסר מסה, ושתי המסות מכווצות את הקפיץ עד לכיווץ המכסימלי. ננתח את התנועה עד לשלב זה ונתעלם מהמשך התנועה.



נחלק את התנועה לשלושה שלבים שונים. תנועת המסה m_1, ההתנגשות, הכיווץ של הקפיץ.

א. לגבי כל אחד מהשלבים תאר/י את כל הכוחות הפועלים על המסות. (9 נקודות)

ב. לגבי כל אחד מהשלבים קבע/י האם נשמר כל אחד מהגדלים הבאים (הסבר/י):

(I) התנע הקווי של המסה m_1. (5 נקודות)

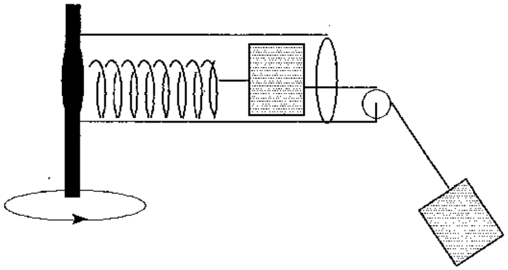
(II) התנע הקווי הכולל של מערכת שתי המסות. (5 נקודות)

(III) האנרגיה הקינטית של המסה m_1 (5 נקודות)

(IV) האנרגיה הקינטית הכוללת של מערכת שתי המסות. (5 נקודות)

(V) האנרגיה המכנית הכוללת. (4 1/3 נקודות)

3. גוף שמסתו m_1 יכול לנוע, ללא חיכוך, בתוך צינור אופקי המסתובב סביב ציר סיבוב בקצהו.
המסה מחוברת בצידה האחד לקפיץ בעל קבוע קפיץ k ובצידה השני קשורה דרך גלגלת למסה של m_2.



א. האם ניתן לסובב את המערכת והקפיץ יהיה רפוי? הסבר/י (5 1/3 נקודות)

ב. כאשר המערכת מסתובבת, האם הקפיץ מכווץ או מתוח? הסבר/י (4 נקודות)

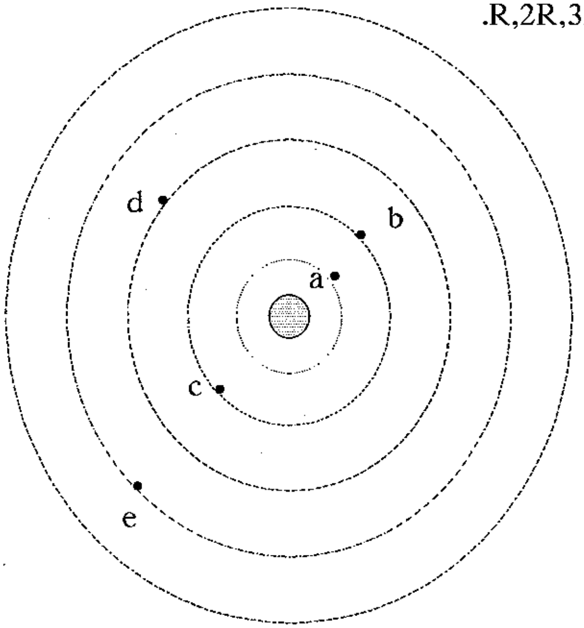
ג. האם ניתן לסובב את המערכת והחוט המקשר את המסה התלויה m_2 יהיה מאונך לריצפה? הסבר/י (4 נקודות)

ד. מהם הכוחות הפועלים על כל אחת מהמסות כאשר המערכת מסתובבת במהירות זוויתית ω? (7 נקודות)

ה. הראה/י בשרטוט מהו רדיוס הסיבוב של כל אחת מהמסות. (7 נקודות)

ו. האם יתכן שבתדירות סיבוב מספיק גדולה תגיע המסה m_2 לגובה של המסה m_1? הסבר/י (6 נקודות)

4. מסביב למסה M מסומנים 5 מסלולים מעגליים שרדיוסיהם הם: R,2R,3R,4R,5R.



א. מהי העבודה הדרושה להעביר יחידת מסה (1kg) מאינסוף לנקודה a? (6 1/3 נקודות)

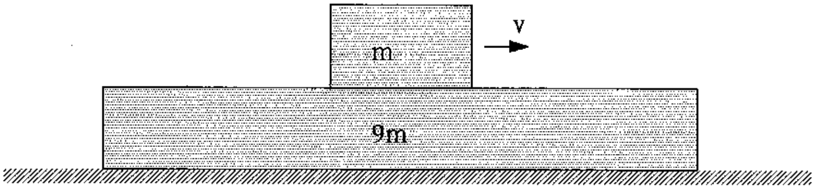
ב. מהי העבודה הדרושה להעביר יחידת מסה מנקודה a לנקודה b? (7 נקודות)

ג. מהי העבודה הדרושה להעביר יחידת מסה מנקודה b לנקודה c? (6 נקודות)

ד. ברצוננו להעביר מסה m מן הנקודה e לנקודה d. האם העבודה הדרושה לכך היא חיובית או שלילית? <u>הסבר/י</u> (6 נקודות)

ה. ברצוננו להעביר מסה m מן הנקודה a לנקודה b. האם העבודה הנדרשת גדולה יותר אם נעביר את המסה במסלול העובר דרך הנקודה e או במסלול הקצר ביותר בין הנקודות a ו-b? <u>הסבר/י</u> (8 נקודות)

5. מסה m מונחת על מסה שניה של 9m. בין המסות יש חיכוך. בין המסה התחתונה והמשטח אין חיכוך. למסה העליונה ניתנת מהירות v בכיוון ימין על ידי כוח רגעי המפסיק לפעול מיד עם נתינת המהירות.



א. שרטט/י את הכוחות הפועלים על כל אחת מהמסות. (6 1/3 נקודות)

ב. תאר/י את תנועת שתי המסות. (8 נקודות)

ג. האם נשמר התנע הקווי במהלך התנועה? (8 נקודות)

ד. האם נשמרת האנרגיה המכנית במהלך התנועה? (8 נקודות)

ה. מהי המהירות המשותפת אליה תגענה שתי המסות? (3 נקודות)

בהצלחה!!!

תשובות סופיות – מבחן מתכונת מספר 12

שאלה מספר 1

א. $h = 5\ m$

ב. $\alpha = 19.47^0$

ג. כן. המישור האופקי חלק.

ד. $\Delta x = 30\ m$

ה. לא. המישור המשופע אינו חלק.

ו. $h = 3.53\ m$

ז. 29% מהאנרגיה הפכה לחום.

שאלה מספר 2

א. כאשר המסה m_1 נעה לבד לא פועלים עליה כוחות.
בזמן ההתנגשות מפעילה כל מסה כוח על המסה השנייה. שני הכוחות שווים בגודלם והפוכים בכיוונם.
בזמן התכווצות הקפיץ פועל כוח הקפיץ בלבד ככוח המאט את התנועה.

ב. (I) התנע הקווי של המסה m_1 נשמר רק בחלק הראשון של התנועה.
(II) התנע הכולל משתנה רק בזמן התכווצות הקפיץ.
(III) האנרגיה הקינטית של המסה m_1 נשמרת רק בשלב התנועה לבד.
(IV) האנרגיה הקינטית הכוללת נשמרת רק בשלב התנועה לבד.
(V) האנרגיה המכנית הכוללת נשמרת בזמן התנועה לבד של המסה m_1 ובזמן התכווצות הקפיץ.

שאלה מספר 3

א. לא. הקפיץ מספק את הכוח הצנטרופטלי הדרוש לתנועה מעגלית.

ב. הקפיץ מתוח.

ג. לא.

ו. לא

שאלה מספר 4

א. $W_{\infty \Rightarrow A} = -G\frac{M}{R}$

ב. $W_{B \Rightarrow A} = G \cdot \frac{M}{2 \cdot R}$

ג. העבודה שווה לאפס.

ד. העבודה היא שלילית מכיוון שבין שתי מסות יש משיכה.

ה. אין חשיבות למסלול.

שאלה מספר 5

א. המסה m מאיטה. המסה 9m מאיצה. במצב הסופי שתי המסות נעות באותה המהירות.

ג. במהלך התנועה נשמר התנע הקווי הכולל.

ד. האנרגיה המכנית לא נשמרת.

ה. $U = \frac{v}{10}$

תשובות מלאות - מבחן מתכונת מספר 12

1. א. מאחר והמישור המשופע A חלק מתקיים בקטע זה שימור אנרגיה.

האנרגיה הכוללת בראש המישור המשופע (שהיא כולה פוטנציאלית כובדית) שווה לאנרגיה הכוללת בתחתית המישור המשופע (שהיא כולה קינטית אם מישור היחוס נלרח בתחתית המישור המשופע).

$E_1 = E_2$

$$m \cdot g \cdot h = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \quad \Rightarrow h = \frac{v^2}{2 \cdot g} = \frac{10^2}{2 \cdot 10} = 5 \text{ m}$$

ב. נחשב את התאוצה בירידה במישור A:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{10 - 0}{3} = 3.33 \frac{m}{sec^2}$$

$$a = g \cdot \sin(\alpha) \quad \Longrightarrow \quad \sin(\alpha) = \frac{a}{g} = \frac{3.33}{10} = 0.33 \quad \Longrightarrow \alpha = 19.47^0$$

ג. כן. המישור האופקי חלק כי מהירות הגוף קבועה.

ד. $$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad \Longrightarrow \quad \Delta x = v \cdot \Delta t = 10 \cdot 3 = 30 \text{ m}$$

ה. לא. המישור המשופע אינו חלק. התאוטה היא:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{10}{1} = 10 \frac{m}{sec^2} = g$$

תאוטה זו גדולה מהתאוטה במישור משופע חלק שהיא:

$a' = g \cdot \sin(\alpha) < g$

ו. הנתונים הם: $v_0 = 10 \frac{m}{sec}$; $v= 0$; $a = -10 \frac{m}{sec^2}$

$v^2 = v_0^2 + 2 \cdot a \cdot \Delta x$

$$\Delta x = \frac{v^2 - v_0^2}{2 \cdot a} = \frac{0^2 - 10^2}{2 \cdot (-10)} = 5 \text{ m}$$

$h = \Delta x \cdot \sin(45^0) = 5 \cdot \sin(45^0) = 3.53 \text{ m}$

ז. האנרגיה הקינטית לפני תחילת העלייה היא:

$$E_i = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot 10^2 = 50 \cdot m$$

האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית בשיא הגובה היא:

$$E_f = m \cdot g \cdot h = m \cdot 10 \cdot 3.53 = 35.3 \cdot m$$

$$\frac{\Delta E}{E_i} = \frac{E_i - E_f}{E_i} = \frac{50 \cdot m - 35.3 \cdot m}{50 \cdot m} = 0.29$$

29% מהאנרגיה הפכה לחום.

2. א. כאשר המסה m_1 נעה לבד לא פועלים עליה כוחות.
בזמן ההתנגשות מפעילה כל מסה כוח על המסה השנייה. שני הכוחות שווים בגודלם והפוכים בכיוונם.
בזמן התכווצות הקפיץ פועל כוח הקפיץ בלבד ככוח המאט את התנועה.

ב. (I) התנע הקווי של המסה m_1 נשמר רק בחלק הראשון של התנועה כי המסה נעה במהירות קבועה. בזמן ההתנגשות פועל על המסה מיתקף והתנע שלה משתנה. בזמן ההתכווצות פועל עליה כוח הקפיץ והתנע שלה משתנה.

(II) התנע הכולל משתנה רק בזמן התכווצות הקפיץ כי כוח הקפיץ הוא כוח חיצוני (בגלל שבצד השני יש קיר). בזמן התנועה לבד ובזמן ההתנגשות אין כוחות חיצוניים.

(III) האנרגיה הקינטית של המסה m_1 נשמרת רק בשלב התנועה לבד. בזמן ההתנגשות הפלסטית אין שימור אנרגיה קינטית, ובזמן התכווצות הקפיץ האנרגיה הקינטית הופכת לאנרגיה פוטנציאלית כובדית.

(IV) בדיוק כמו בסעיף הקודם, האנרגיה הקינטית הכוללת נשמרת רק בשלב התנועה לבד.

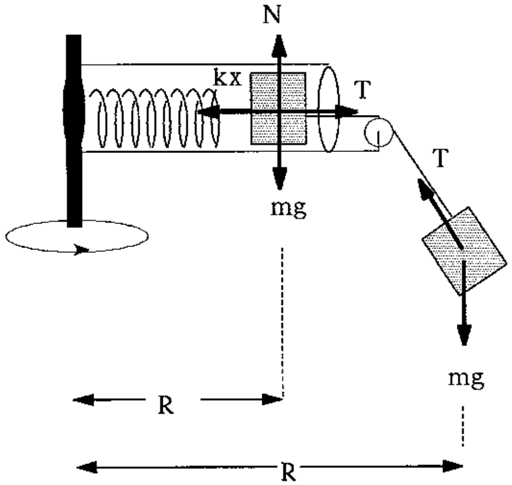
(V) האנרגיה המכנית הכוללת נשמרת בזמן התנועה לבד של המסה m_1 ובזמן התכווצות הקפיץ.

3. א. לא. הקפיץ מספק את הכוח הצנטרופטלי הדרוש לתנועה מעגלית.

ב. הקפיץ מתוח כדי ליצור כוח כלפי מרכז הסיבוב.

ג. לא. מכיוון שהמסה התלויה נעה בתנועה מעגלית חייב להיות למתיחות רכיב בכיוון מרכז התנועה היוצר את הכוח הצנטריפטלי.

ד.



ה.

ו. לא. חייב להיות למתיחות רכיב שיאזן את המשקל, ולכן הזווית אינה יכולה להגיע ל- 90^0 .

4. א. העבודה להעברת יחידת מטען היא פוטנציאל הכבידה בנקודה:

$$W_{\infty \Rightarrow A} = -G\frac{M \cdot 1}{R} = -G\frac{M}{R}$$

ב. העבודה שווה להפרש הפוטנציאלים:

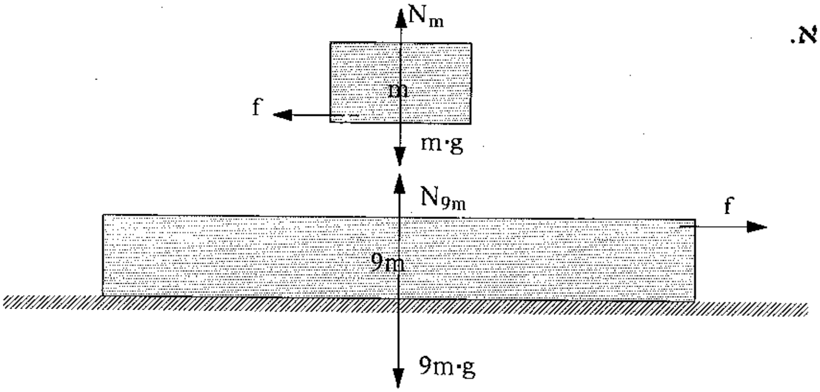
$$W_{B \Rightarrow A} = -G\frac{M \cdot 1}{2R} - \left[-G\frac{M \cdot 1}{R}\right] = G \cdot \frac{M}{2 \cdot R}$$

ג. העבודה שווה לאפס מכיוון ששתי הנקודות נמצאות באותו המרחק מהמסה M.

ד. העבודה היא שלילית מכיוון שבין שתי מסות יש משיכה, התקרבות בין המסות דורשת עבודה שלילית (מתקבלת עבודה) בעוד הרחקה בין המסות דורשת עבודה חיובית.

ה. אין חשיבות למסלול. כוח הכבידה הוא כוח משמר ולכן העבודה הדרושה להעביר מסה מנקודה לנקודה תלויה רק בנקודת ההתחלה ונקודת הסוף ולא במסלול המעבר.

5. א.



ב. על המסה m פועל כוח בגלל החיכוך עם המסה 9m. בגלל כוח זה הולכת המסה ומאיטה.
על המסה 9m פועל כוח התגובה לכוח החיכוך. כוח זה, בכיוון התנועה המקורי של המסה m גורם למסה 9m להתחיל להאיץ.
בשלב מסוים המהירויות של שתי המסות משתוות. במצב זה בו המהירות היחסית היא אפס אין חיכוך ושתי המסות נעות באותה המהירות.

ג. במהלך התנועה נשמר התנע הקווי הכולל מאחר והכוחות הם כוחות פנימיים.

ד. האנרגיה המכנית לא נשמרת מכיוון שבגלל החיכוך הופכת אנרגיה לחום.

ה. המהירות המשותפת היא מהירות מרכז המסה:

$$U = \frac{m \cdot v + 9m \cdot 0}{m + 9m} = \frac{v}{10}$$

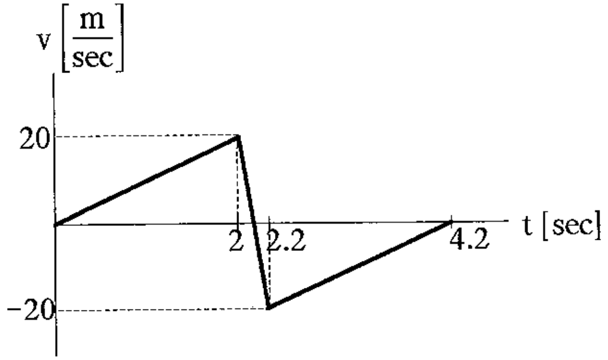
מבחן מתכונת מספר 13

משך הבחינה: שעה וחצי

מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה חמש שאלות. מתוכן עליך לענות על שלוש שאלות בלבד.

לכל שאלה - $33\frac{1}{3}$ נקודות. מספר הנקודות לכל סעיף רשום בסופו.

1. גוף שמסתו 4 kg נופל מגובה h אל הארץ, פוגע בה וחוזר כלפי מעלה. גרף המהירות כפונקציה של הזמן, מתחילת הנפילה ועד לחזרה הראשונה אל שיא הגובה מופיע בגרף הבא:



א. מהו הגובה ממנו נפל הגוף? (4 1/3 נקודות)

ב. מהו שיא הגובה אליו חוזר הגוף? (5 נקודות)

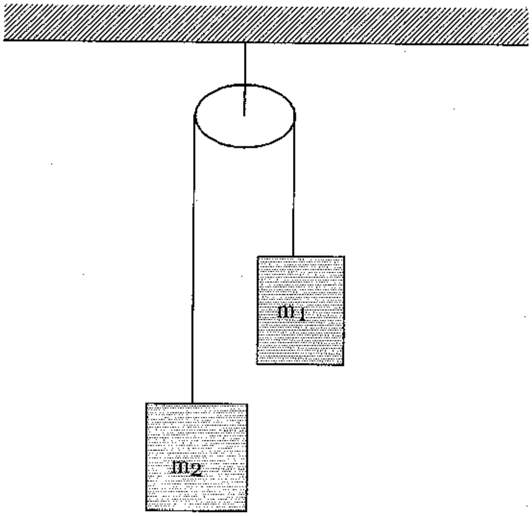
ג. האם התנגדות האוויר זניחה? הסבר/י (5 נקודות)

ד. מהו הכוח הממוצע שהפעילה הקרקע? (5 נקודות)

ה. כיצד נראה גרף התאוצה כפונקציה של הזמן? (5 נקודות)

ו. כיצד היה נראה גרף המהירות כפונקציה של הזמן, אם בזמן ירידת הגוף תאוצתו היתה רק $0.9 \cdot g$, בגלל התנגדות האוויר? (כוח התנגדות האוויר פועל גם בעלייה!!) (9 נקודות)

2. נתונה מכונת אטווד שהמסה הימנית שלה היא m_1 והמסה השמאלית שלה היא m_2 $(m_2>m_1)$. למערכת ניתנת מהירות התחלתית של v כך שהמסה m_1 יורדת ו-m_2 עולה.



א. האם האנרגיה המכנית של המסה m_1 נשארת קבועה במהלך התנועה? הסבר/י (4 1/3 נקודות)

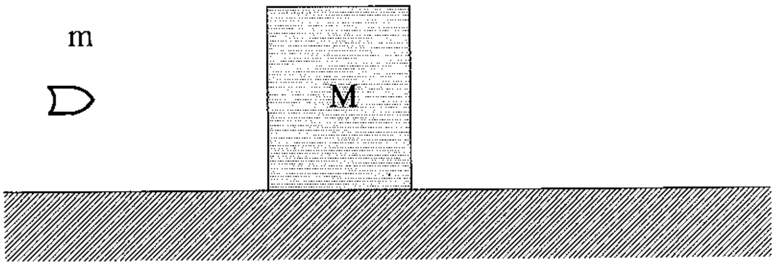
ב. האם האנרגיה המיכנית הכללית של המערכת נשארת קבועה במהלך התנועה? הסבר/י (5 נקודות)

ג. מהי עבודת כוח המשיכה ועבודת המתיחות בחוט, על המסה m_1, במשך המטר הראשון של התנועה? הנח/י שכיוון התנועה לא השתנה. (בטא/י בעזרת m_1,m_2,g) (8 נקודות)

ד. שרטט/י גרף של מהירות המסה m_1 כפונקציה של הזמן. (8 נקודות)

ה. שרטט/י גרף של התאוצה הפועלת על המסה m_1 כפונקציה של הזמן. (8 נקודות)

3. בניסוי למציאת מקדם החיכוך הקינטי שבין קובית עץ ובין המשטח עליו היא עומדת, יורים קליע שמסתו m לעבר הקוביה שמסתה M במהירות ההולכת וגדלה מיריה ליריה. בכל אחת מהיריות הקליע נעצר בתוך קובית העץ ומוצא ממנה לקראת היריה הבאה. מודדים בכל מקרה את המרחק שקובית העץ עוברת עד לעצירה.



א. מהו הקשר בין מהירות הקליע v והמהירות המשותפת U של הקליע וקובית העץ? (5 1/3 נקודות)

ב. מהו הקשר בין המהירות המשותפת U של הקליע וקובית העץ ובין המרחק שהקוביה עוברת עד לעצירה? (5 נקודות)

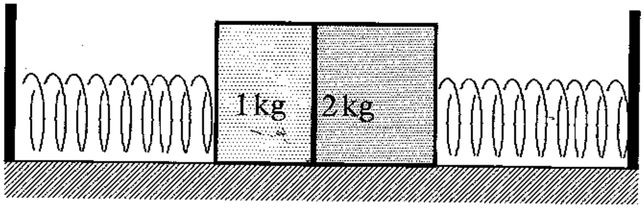
ג. מהו הקשר בין מהירות הירי של הקליע ובין מקדם החיכוך שבין קובית העץ והמשטח? (6 נקודות)

ד. איזה גרף לינארי ניתן לשרטט בעזרת תוצאות הניסוי, כך שניתן ממנו למצוא את מקדם החיכוך הקינטי? (8 נקודות)

ה. כיצד היה משתנה הגרף אם הניסוי היה נערך על הירח? (4 נקודות)

ו. כיצד משתנה השגיאה היחסית במדידת המרחק עד לעצירה כפונקציה של מהירות הקליע? (5 נקודות)

4. מסה של 2kg קשורה לקפיץ שקבוע הקפיץ שלו 100N/m ומונחת על משטח חלק כאשר היא נוגעת במסה שניה של 1kg וקבוע קפיץ של 50N/m.
במצב התחלתי זה שני הקפיצים רפויים. מסיטים את המסה הימנית 10cm ימינה ואת המסה השמאלית 5cm שמאלה ומשחררים את שתי המסות בו זמנית. המסות מתגשות ביניהן בהתנגשות פלסטית.



א. היכן תיפגשנה המסות? (6 1/3 נקודות)

ב. כמה אנרגיה מכנית תאבד בהתנגשות? (5 נקודות)

ג. מהו הביטוי להעתק המשותף של המסות לאחר ההתנגשות, כפונקציה של הזמן? (8 נקודות)

ד. מהו הביטוי למהירות המשותפת של המסות לאחר ההתנגשות, כפונקציה של הזמן? (7 נקודות)

ה. מהו הביטוי לתאוצה המשותפת של המסות לאחר ההתנגשות, כפונקציה של הזמן? (7 נקודות)

5. שני לווינים מסתובבים מסביב לאותו הכוכב. הלווין הקרוב ברדיוס R והרחוק ברדיוס 4R. תאוצת הכובד בגובה בו נמצא הלווין הקרוב היא רבע מתאוצת הכובד על פני הכוכב המסומנת ב-g_0. נניח שההשפעה ההדדית בין הלווינים זניחה.

א. מהו היחס בין זמני המחזור של הלווינים? (6 1/3 נקודות)

ב. מהי תאוצת הכובד במסלול הרחוק? [בטא/י באמצעות g_0] (6 נקודות)

ג. כמה זמן לאחר שיהיו על אותו קו רדיאלי ממרכז הכוכב, יהיו הלווינים שוב על קו רדיאלי שכזה? [בטא/י באמצעות R,g_0] (9 נקודות)

ד. למי משני הלווינים יש אנרגיה קינטית גדולה יותר? (6 נקודות)

ה. למי משני הלווינים צריך להוסיף אנרגיה כדי להעבירו להיות לווין במסלול השני? (6 נקודות)

בהצלחה!!!

תשובות סופיות - מבחן מתכונת מספר 13

שאלה מספר 1

א. $\Delta x = 20\ m$

ב. הגוף חוזר לאותו הגובה.

ג. כן. התנגדות האויר זניחה.

ד. $F = 800\ N$

שאלה מספר 2

א. לא. האנרגיה המכנית של המסה m_1 לא נשארת קבועה.

ב. כן. האנרגיה המכנית הכוללת נשארת קבועה.

ג. $W_{mg} = m \cdot g$

$$W_T = -\frac{2 \cdot m_1 \cdot m_2 \cdot g}{m_1 + m_2}$$

שאלה מספר 3

א. $U = \frac{m}{m + M} \cdot v$

ב. $U^2 = -2 \cdot a \cdot \Delta x$

ג. $U^2 = 2 \cdot \mu \cdot g \cdot \Delta x$

ד. גרף של v^2 כפונקציה של Δx הוא גרף לינארי ששיפועו הוא:

$$\frac{(M + m)^2}{m^2} \cdot 2 \cdot \mu \cdot g$$

ה. השיפוע היה קטן יותר.

ו. השגיאה היחסית תלך ותקטן

שאלה מספר 4

א. שתי המסות נפגשות בדיוק בנקודת המרכז.

ב. $\Delta E = 0.37\ J$

ג. $x = 0.05 \cdot \sin(7.07 \cdot t)$

ד. $v = 0.35 \cdot \cos(7.07 \cdot t)$

ה. $a = -2.5 \cdot \sin(7.07 \cdot t)$

שאלה מספר 5

א. $\frac{T_1}{T_2} = \frac{1}{8}$

ב. $g_{4R} = \frac{1}{64} \cdot g_0$

ג. $t = \frac{8}{7} \cdot T_1$

ד. ללווין הקרוב יש מהירות גדולה יותר.

ה. צריך להוסיף אנרגיה כדי להביא את הלווין למסלול הרחוק יותר.

תשובות מלאות – מבחן מתכונת מספר 13

1. א. התאוצה היא:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{20 - 0}{2} = 10 \ \frac{m}{sec^2}$$

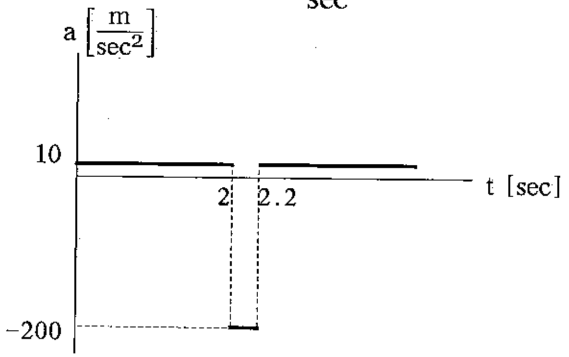
$$\Delta x = \frac{v^2 - v_0^2}{2 \cdot a} = \frac{20^2 - 0^2}{2 \cdot 10} = 20 \ m$$

ב. הגוף חוזר לאותו הגובה מאחר ובהתנגשות לא משתנה ערכה המוחלט של המהירות (אין אובדן אנרגיה).

ג. כן. התנגדות האויר זניחה מאחר והתאוצה בזמן הנפילה היא תאוצת הכובד g.

ד. $$F = \frac{\Delta(m \cdot v)}{\Delta t} = m \cdot \frac{\Delta v}{\Delta t} = 4 \cdot \frac{(-20) - 20}{0.2} = 800 \ N$$

ה. בזמן הירידה ובזמן העליה התאוצה היא g. בזמן הפגיעה בקרקע התאוצה היא $200 \ \frac{m}{sec^2}$ בכיוון ההפוך.



ו. אם בירידה התאוצה היא רק $0.9 \cdot g$ אז התנגדות האויר בזמן העליה הפועלת בכיוון זהה למשקל תגרום לתאוטה להיות $1.1 \cdot g$. לכן השיפוע בזמן הירידה יהיה קטן יותר והשיפוע בזמן העליה יהיה גדול יותר. זמן הירידה יהיה ארוך יותר וזמן העליה יהיה קצר יותר (ולגובה נמוך יותר).

זמן הירידה הוא:

$$\Delta x = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$$

מאחר והמהירות ההתחלתית שווה לאפס:

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta x}{a}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 20}{0.9 \cdot 10}} = 2.1 \text{ sec}$$

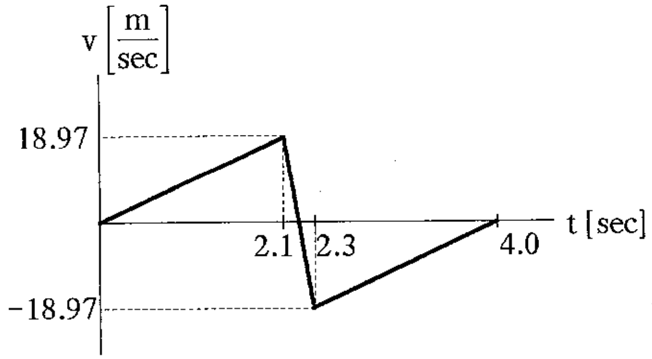
כדי לחשב את זמן העליה נמצא את מהירות הפגיעה בקרקע:

$$v = v_0 + a \cdot t = 0 + 0.9 \cdot 10 \cdot 2.1 = 18.97 \frac{m}{sec}$$

זמן העליה הוא:

$$v = v_0 + a \cdot t \quad \Rightarrow t = \frac{v - v_0}{a} = \frac{0 - 18.97}{1.1 \cdot 10} = 1.72 \text{ sec}$$

זמן הפגיעה בקרקע לא השתנה. גם לא ששתנתה העובדה שההתנגשות ברצפה אלסטית לחלוטין והמהירות אחרי ההתנגשות שווה בגודלה והפוכה בכיוונה.



2. א. לא. האנרגיה המכנית של המסה m_1 לא נשארת קבועה מאחר ופועל על המסה כוח חיצוני של המתיחות בחוט.

ב. כן. האנרגיה המכנית הכוללת נשארת קבועה כי כוח החוט הוא כוח פנימי בין המסות. כוח הכבידה מתבטא באנריגה הפוטנציאלית הכובדית ולכן אינו כוח חיצוני.

ג. עבודת כוח המשיכה היא:

$$W_{mg} = m \cdot g \cdot \Delta x = m \cdot g$$

כדי למצוא את עבודת המתיחות נמצא ביטוי למתיחות. נבחר את הכיוון החיובי בכיוון המהירות ההתחלתית.
לשם מציאת התאוצה נסתכלעל המערכת כגוף אחד:

$$\Sigma F = M \cdot a$$

$$m_1 \cdot g - m_2 \cdot g = (m_1 + m_2) \cdot a \quad \Longrightarrow \quad a = g \cdot \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}$$

$$\Sigma F = m_1 \cdot a$$

$$m_1 \cdot g - T = m_1 \cdot a$$

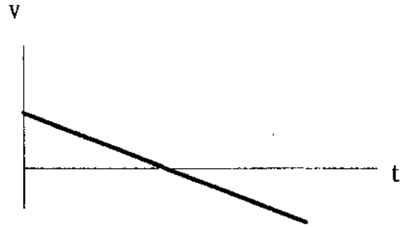
$$T = m_1 \cdot (g - a) = m_1 \cdot \left[g - g \cdot \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} \right]$$

$$T = m_1 \cdot g \cdot \left[\frac{2 \cdot m_2}{m_1 + m_2} \right] = \frac{2 \cdot m_1 \cdot m_2 \cdot g}{m_1 + m_2}$$

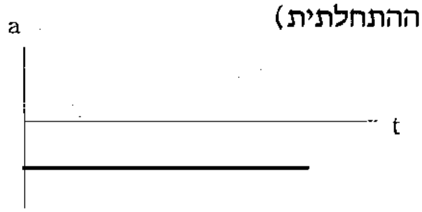
עבודת הכוח היא:

$$W_T = T \cdot \Delta x \cdot \cos(180^0) = -\frac{2 \cdot m_1 \cdot m_2 \cdot g}{m_1 + m_2}$$

ד. המסה m_1 מאיטה עד לעצירה, משנה כיוון ומאיצה בכיוון ההפוך. שיפוע הגרף קבוע כי הכוח קבוע.



ה. התאוצה היא שלילית כל הזמן (בגלל בחירת הכיוון החיובי בכיוון המהירות ההתחלתית)



3. א. הקשר נקבע בעזרת חוק שימור התנע הקווי:

$$m\cdot v = (m + M)\cdot U \quad \Rightarrow \; U = \frac{m}{m + M}\cdot v$$

ב. המהירות ההתחלתית היא U, המהירות הסופית היא אפס והמרחק Δx, ולכן:

$$U^2 = -2\cdot a\cdot \Delta x$$

ג. התאוטה נגרמת בגלל כוח החיכוך:

$$\Sigma F = m\cdot a$$
$$-f = m\cdot a$$
$$-\mu\cdot m\cdot g = m\cdot a$$
$$a = -\mu\cdot g$$

נציב בביטוי שקיבלנו בסעיף הקודם:

$$U^2 = 2\cdot \mu\cdot g\cdot \Delta x$$

ד. נציב בביטוי למהירות לאחר ההתנגשות את המהירות של הקליע:

$$\left[\frac{m}{m + M}\cdot v\right]^2 = 2\cdot \mu\cdot g\cdot \Delta x$$

$$v^2 = \left[\frac{(M + m)^2}{m^2}\cdot 2\cdot \mu\cdot g\right]\cdot \Delta x$$

גרף של v^2 כפונקציה של Δx הוא גרף לינארי ששיפועו הוא:

$$\frac{(M + m)^2}{m^2}\cdot 2\cdot \mu\cdot g$$

ה. אם הניסוי היה נערך על הירח אז השיפוע היה קטן יותר כי תאוצת הכובד על הירח קטנה יותר.

ו. ככל שמהירות הקליע גדולה יותר כך מרחק העצירה גדול יותר. מכיוון שגיאת מכשיר מדידת המרחק היא קבועה – השגיאה היחסית תלך ותקטן ככל שמהירות הקליע תהיה גדולה יותר.

4. א. זמן המחזור של המסה של 2 kg:

$$T_1 = 2\cdot\pi\cdot\sqrt{\frac{m}{k}} = 2\cdot\pi\cdot\sqrt{\frac{2}{100}} = 0.89\ \text{sec}$$

זמן המחזור של המסה של 1 kg:

$$T_2 = 2\cdot\pi\cdot\sqrt{\frac{m}{k}} = 2\cdot\pi\cdot\sqrt{\frac{1}{50}} = 0.89\ \text{sec}$$

מאחר וזמני המחזור זהים יפגשו שתי המסות בדיוק בנקודת המרכז. לעובדה שהמשרעות שונות אין חשיבות מאחר וזמן התנועה אינו תלוי במשרעת. כל אחת מהמסות תבצע רבע מחזור עד למפגש.

ב. נחשב את המהירויות של שתי המסות לפני ההתנגשות:

$$v_{max} = \omega\cdot A$$

$$v_{1\ max} = \sqrt{\frac{k_1}{m_1}}\cdot A_1 = \sqrt{\frac{100}{2}}\cdot 0.1 = 0.7\ \frac{m}{sec}$$

$$v_{2\ max} = \sqrt{\frac{k_2}{m_2}}\cdot A_2 = \sqrt{\frac{50}{1}}\cdot 0.05 = 0.35\ \frac{m}{sec}$$

נשתמש בחוק שימור התנע למציאת המהירות המשותפת:

$$m_1\cdot v_1 + m_2\cdot v_2 = (m_1 + m_2)\cdot U$$

נגדיר את הכיוון שמאלה ככיוון החיובי.

$$U = \frac{m_1\cdot v_1 + m_2\cdot v_2}{m_1 + m_2} = \frac{2\cdot 0.7 + 1\cdot(-0.35)}{2 + 1} = 0.35\ \frac{m}{sec}$$

האנרגיה שאבדה היא:

$$\Delta E = \frac{1}{2}\cdot m_1\cdot v_1^2 + \frac{1}{2}\cdot m_2\cdot v_2^2 - \frac{1}{2}\cdot(m_1 + m_2)\cdot U^2$$

$$\Delta E = \frac{1}{2}\cdot 2\cdot 0.7^2 + \frac{1}{2}\cdot 1\cdot 0.35^2 - \frac{1}{2}\cdot(2 + 1)\cdot 0.35^2 = 0.37\ J$$

ג. קבוע הקפיץ החדש הוא:

$$K_{eff} = k_1 + k_2 = 100 + 50 = 150\ \frac{N}{kg}$$

המסה החדשה היא סכום המסות, ולכן:

$$\omega' = \sqrt{\frac{k_{eff}}{M}} = \sqrt{\frac{150}{3}} = 7.07\ \frac{rad}{sec}$$

את ההעתק החדש נמצא בעזרת המהירות המכסימלית:

$$U = \omega' \cdot A' \implies A' = \frac{U}{\omega'} = \frac{0.35}{7.07} = 0.05\ m$$

נקודת שיווי המשקל לא משתנה. ההעתק ברגע t=0 הוא אפס ולכן נשתמש בפונקצית ה- sin.

הביטוי להעתק הוא:

$$x = A \cdot \sin(\omega \cdot t) = 0.05 \cdot \sin(7.07 \cdot t)$$

ד.

$$v = U \cdot \cos(\omega \cdot t) = 0.35 \cdot \cos(7.07 \cdot t)$$

ה.

$$a = -\omega^2 \cdot A \cdot \sin(\omega \cdot t) = -7.07^2 \cdot 0.05 \cdot \sin(7.07 \cdot t)$$

$$a = -2.5 \cdot \sin(7.07 \cdot t)$$

---

5. א. נשתמש בחוק קפלר. נסמן את הלווין הקרוב ב-1 ואת הרחוק ב-2:

$$\left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2 = \left(\frac{R_1}{R_2}\right)^3$$

$$\left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2 = \left(\frac{R}{4R}\right)^3 \implies \frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{1}{4}\right)^{3/2} = \frac{1}{8}$$

ב. הנתון הוא:

$$g_R = \frac{G \cdot M}{R^2} = \frac{1}{4} \cdot g_0$$

$$g_{4R} = \frac{G \cdot M}{(4 \cdot R)^2} = \frac{1}{16} \cdot \frac{G \cdot M}{R^2} = \frac{1}{16} \cdot g_R = \frac{1}{16} \cdot \frac{1}{4} \cdot g_0 = \frac{1}{64} \cdot g_0$$

ג. מאחר וזמן המחזור של הלווין הקרוב קצר יותר הוא ישלים סיבוב אחד יותר עד למפגש הבא:

$$\omega_1 \cdot t = \omega_2 \cdot t + 2 \cdot \pi$$

$$\frac{2\cdot\pi}{T_1}\cdot t=\frac{2\cdot\pi}{T_2}\cdot t+2\cdot\pi$$

$$\frac{t}{T_1}=\frac{t}{T_2}+1$$

נציב $T_2=8\cdot T_1$ ומקבל:

$$\frac{t}{T_1}=\frac{t}{8\cdot T_1}+1$$

$$\frac{7\cdot t}{8\cdot T_1}=1$$

$$t=\frac{8}{7}\cdot T_1$$

הזמן יהיה סיבוב אחד של הלווין הקרוב ועוד שביעית סיבוב שלו.

ד. המהירות של לווין נתונה בנוסחה: $v=\sqrt{\frac{G\cdot M}{R}}$

(עמוד 456 בספר המכניקה)
ולכן ככל שרדיוס הסיבוב קטן יותר המהירות גדולה יותר.
ללווין הקרוב יש מהירות גדולה יותר.

ה. האנרגיה הכוללת של לווין היא: $E=\frac{-G\cdot M\cdot m}{2R}$

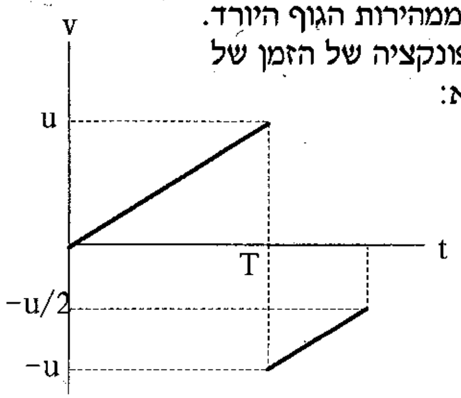
(עמוד 457 בספר המכניקה).
ללווין הקרוב יש אנרגיה כוללת גדולה יותר בערכה המוחלט אבל קטנה יותר מכיוון שהיא שלילית. צריך להוסיף לו אנרגיה כדי להביא אותו למסלול הרחוק יותר.

מבחן מתכונת מספר 14

משך הבחינה: שעה וחצי
מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה חמש שאלות. מתוכן עליך לענות על שלוש שאלות בלבד.

לכל שאלה - $33\frac{1}{3}$ נקודות. מספר הנקודות לכל סעיף רשום בסופו.

1. גוף מופל בנפילה חופשית מגובה h (התנגדות האוויר זניחה), לאחר זמן T הוא מתנגש ברצפה (זמן ההתנגשות זניח) כאשר הוא במהירות u. בזמן עלייתו מעלה, כאשר מהירותו $-u/2$, מתחלק לשני חלקים שווים. שני החלקים נעים על קו התנועה המקורי של הגוף כאשר מהירויותיהם הפוכות בכיוונן ומהירות הגוף העולה גדולה פי שניים ממהירות הגוף היורד.
גרף המהירות בפונקציה של הזמן של הגוף המקורי הוא:



א. האם ההתנגשות בארץ היא אלסטית או לא? הסבר/י (5 נקודות)

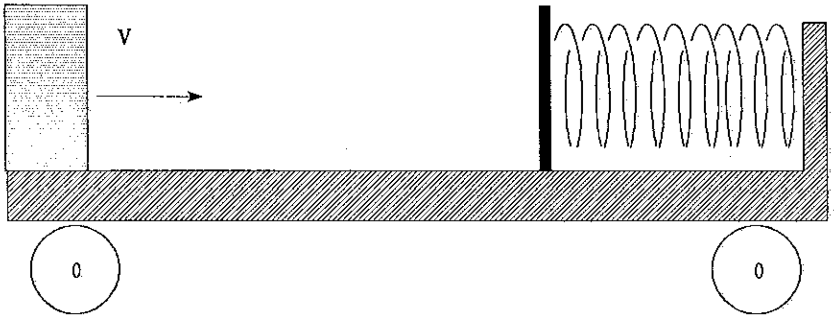
ב. באיזה גובה מעל הקרקע מתרחש הפיצוץ (בטא/י בעזרת h)? (6 1/3 נקודות)

ג. כמה זמן לאחר הפגיעה בארץ מתרחש הפיצוץ (בטא/י בעזרת T)? (6 נקודות)

ד. מהי מהירות שני החלקים מיד לאחר ההתנגשות (בטא/י בעזרת u)? (8 נקודות)

ה. כיצד נראה גרף המהירות כפונקציה של הזמן של כל אחד מהחלקים? (8 נקודות)

2. עגלה חלקה שמסתה M נמצאת במנוחה על רצפה חלקה. לעגלה מחובר קפיץ חסר מסה בעל קבוע קפיץ של k. ברגע $t=0$ מקבלת קוביה שמסתה m, הנמצאת על העגלה, מהירות v לכיוון הקפיץ.



א. מהי מהירות העגלה לפני שהקוביה מגיעה לקפיץ? (3 1/3 נקודות)

ב. מהי מהירות מרכז המסה של המערכת עגלה-קוביה? (6 נקודות)

ג. מהי המהירות היחסית בין הקוביה והעגלה בזמן הכיווץ המכסימלי של הקפיץ? (6 נקודות)

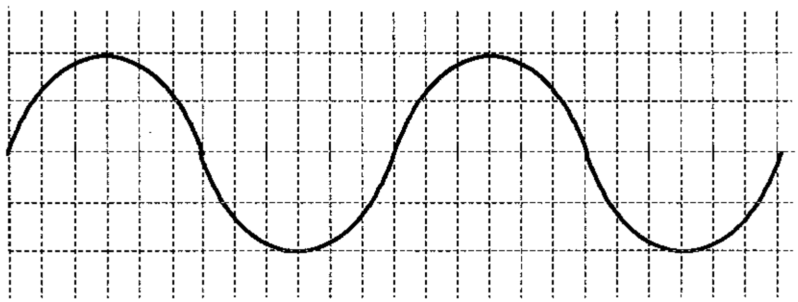
ד. מהו הכיווץ המכסימלי של הקפיץ? (7 נקודות)

ה. האם הקפיץ נשאר בכיווץ המכסימלי או שהוא חוזר להיות רפוי? הסבר/י (4 נקודות)

ו. האם נשמר התנע הקווי הכולל בכל רגע של התנועה? הסבר/י (4 נקודות)

ז. האם נשמרת האנרגיה הקינטית הכוללת בכל רגע של התנועה? הסבר/י (3 נקודות)

3. גוף נע בתנועה הרמונית פשוטה. גרף ההעתק כפונקציה של הזמן שהתקבל על ניר (המרחק בין שתי שנתות אופקיות הוא 0.2sec המרחק בין שתי שנתות אנכיות הוא 5cm) הוא:



א. מהו הביטוי להעתק כפונקציה של הזמן, אם הביטוי אמור לתאר את ההעתק מרגע תחילת השרטוט? (8 1/3 נקודות)

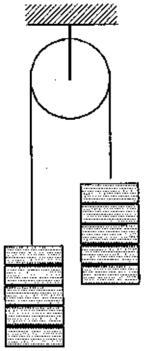
ב. שרטט/י את גרף המהירות כפונקציה של הזמן הנגזר מגרף ההעתק. (6 נקודות)

ג. שרטט/י את גרף התאוצה כפונקציה של הזמן הנגזר מגרף המהירות. (6 נקודות)

ד. כיצד היתה משתנה התשובה לסעיף א', אם הביטוי המתמטי היה מתחיל בתיאור התנועה בשנתה הרביעית של השרטוט (0.6sec לאחר מעבר נקודת שיווי המשקל)? (6 נקודות)

ה. כיצד היתה משתנה התשובה לסעיף א', אם הביטוי המתמטי היה מתחיל בתיאור התנועה בשנתה השמינית של השרטוט (1.2sec לאחר מעבר נקודת שיווי המשקל)? (7 נקודות)

4. בניסוי למדידת תאוצת הכובד g השתמשו במכונת אטווד. לשם כך, ניתלו שני מיתקנים שעל כל אחד מהם חמש מסות של 1kg כל אחת.



מסה של 1kg הועברה בכל פעם מהמיתקן הימני למתקן השמאלי ותאוצת המערכת נמדדה, עד שנשארה מסה של 1kg בצד ימין. התוצאות שהתקבלו הן:

m_1 [kg]	m_2 [kg]	a [m/sec²]
5	5	0
6	4	1.94
7	3	3.88
8	2	5.91
9	1	7.88

א. איזה הנחות אנחנו מניחים בבואנו לחשב את תאוצת הכובד מן המערכת המתוארת? (6 נקודות)

ב. הוסף/הוסיפי לגרף טורים נוספים כך שניתן יהיה לשרטט גרף לינארי בעזרת תוצאות הניסוי. (6 נקודות)

ג. שרטט/י גרף וחשב/י ממנו את תאוצת הכובד שנמדדה. (6 נקודות)

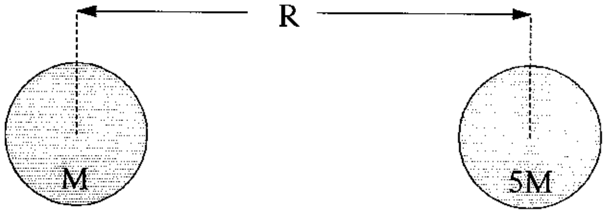
ד. מדוע העברנו בכל פעם את אחת מהמסות מצד ימין לצד שמאל ולא הורדנו אותה מהמיתקן לגמרי? (5 נקודות)

ה. כיצד היו משתנות תוצאות הניסוי אם היה נעשה על הירח? (4 1/3 נקודות)

(המשך בעמוד הבא)

ו. איזה גרף אפשר לשרטט כך ששיפועו יהיה שווה בדיוק לתאוצת הכובד? (6 נקודות)

5. שתי מסות האחת M והשניה 5M נמצאות במרחק R זו מזו ומשוחררות ממנוחה. נסמן את האנרגיה הכללית שלהם ברגע השחרור ב-U_{G0}.



בטא/י כל אחד מהערכים הבאים כפונקציה של המרחק r בין המסות (בעזרת U_{G0}, R,r בלבד):

א. האנרגיה הפוטנציאלית של המערכת. (7 1/3 נקודות)

ב. האנרגיה הקינטית הכללית של המערכת. (8 נקודות)

ג. האנרגיה הקינטית של כל אחת מהמסות. (8 נקודות)

ד. האנרגיה הכוללת של המערכת. (6 נקודות)

ה. התנע הקווי הכולל של המערכת. (4 נקודות)

בהצלחה!!!

תשובות סופיות - מבחן מתכונת מספר 14

שאלה מספר 1

א. כן. ההתנגשות של הגוף בארץ היא אלסטית.

ב. $h' = \frac{3}{4} \cdot h$

ג. $t = \frac{T}{2}$.

ד. הגוף העולה נע במהירות $2 \cdot u$ והגוף היורד נע במהירות u.

שאלה מספר 2

א. מהירות העגלה היא אפס.

ב. $v_{c.m.} = \frac{m \cdot v}{m + M}$

ג. $v = v_{c.m.}$

ד. $\Delta x = v \cdot \sqrt{\frac{m \cdot M}{m + M} \cdot \frac{1}{k}}$

ה. הקפיץ חוזר למצב רפוי.

ו. כן. התנע הקווי הכולל נשמר.

ז. לא. האנרגיה הקינטית הכוללת לא נשמרת.

שאלה מספר 3

א. $x = 0.1 \cdot \sin(2.6 \cdot t)$

ב. $v = 0.26 \cdot \cos(2.6 \cdot t)$

ג. $a = -0.676 \cdot \sin(2.6 \cdot t)$

ד. $x = 0.1 \cdot \cos(2.6 \cdot t)$

ה. $x = -0.1 \cdot \sin(2.6 \cdot t)$

שאלה מספר 4

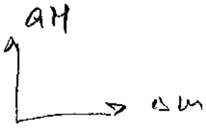
א. החבל חסר מסה, אין חיכוך בין הגלגלת והחוט.

ב. $a = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} \cdot g$

ג. $g = 9.85\ \frac{m}{sec^2}$

ד. כדי לשמור על הסכום $m_1 + m_2$ קבוע.

ה. השיפוע היה קטן יותר.



ו. a כפונקציה של $\frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}$ השיפוע הוא תאוצת הכובד g.

שאלה מספר 5

א. $U_G = U_{G0} \cdot \frac{R}{r}$

ב. $E_K = U_{G0} \cdot \frac{(r - R)}{r}$

ג. $E_{K\ (5M)} = \frac{1}{6} \cdot U_{G0} \cdot \frac{(r - R)}{r}$

$E_{K\ (M)} = \frac{5}{6} \cdot U_{G0} \cdot \frac{(r - R)}{r}$

ד. $E = U_{G0}$

ה. התנע הכולל שווה לאפס כל הזמן.

תשובות מלאות - מבחן מתכונת מספר 14

1. א. כן. ההתנגשות של הגוף בארץ היא אלסטית מאחר ולא אבדה אנרגיה בהתנגשות (הערך המוחלט של המהירות נשאר כשהיה).

ב. נשתמש בחוק שימור האנרגיה. נשווה את רגע הזריקה ונקודת הפיצוץ:

$$m \cdot g \cdot h = m \cdot g \cdot h' + \frac{1}{2} \cdot m \cdot \left(\frac{u}{2}\right)^2$$

הקשר בין המהירות המירבית והגובה ניתן, גם הוא משימור האנרגיה:

$$m \cdot g \cdot h = \frac{1}{2} \cdot m \cdot u^2 \implies u^2 = 2 \cdot g \cdot h$$

נציב ונקבל:

$$m \cdot g \cdot h = m \cdot g \cdot h' + \frac{1}{2} \cdot m \cdot \frac{1}{4} \cdot [2 \cdot g \cdot h]$$

$$h = h' + \frac{h}{4} \implies h' = \frac{3}{4} \cdot h$$

ג. מאחר והתנועה היא בתאוטה קבועה, הקטנת המהירות לחצי מתרחשת במחצית הזמן ולכן: $t = \frac{T}{2}$.

ד. נשתמש בחוק שימור התנע: $m \cdot \frac{u}{2} = \frac{m}{2} \cdot U_1 + \frac{m}{2} \cdot U_2$

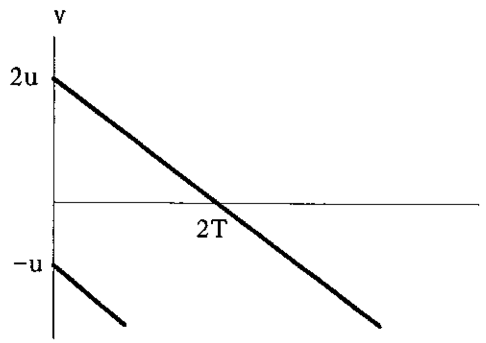
מן הנתונים בשאלה עולה ש: $U_1 = -2 \cdot U_2$

$$u = -2 \cdot U_2 + U_2 \implies U_2 = -u$$

$$U_1 = -2 \cdot (-u) = 2 \cdot u$$

הגוף העולה נע במהירות $2 \cdot u$ והגוף היורד נע במהירות u.

ה. לגבי הגוף העולה, הזמן עד לעצירה בשיא הגובה הוא 2T.



2. א. מהירות העגלה היא אפס. בגלל שהרצפה חלקה אין כוח בין הקוביה והעגלה.

ב. על פי הגדרת מהירות מרכז המסה: $v_{c.m.} = \dfrac{m \cdot v}{m + M}$

ג. בזמן הכיווץ המכסימלי של הקפיץ המהירות היחסית היא אפס. מהירות המסה m קטנה ומהירות המסה M גדלה עד למהירות המשותפת. בנקודה זו הקפיץ מכווץ מכסימום.

ד. ברגע הכיווץ המכסימלי המהירות של המערכת כולה היא מהירות מרכז המסה.
מחוק שימור האנרגיה בין נקודה לפני תחילת ההתכווצות ובין נקודת הכיווץ המכסימלי, נקבל:

$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot (m + M) \cdot v_{c.m.}^2 + \frac{1}{2} \cdot k \cdot \Delta x^2$$

$$\frac{m \cdot M}{m + M} \cdot v^2 = k \cdot \Delta x^2 \quad \Longrightarrow \quad m \cdot v^2 - \frac{m^2}{m + M} \cdot v^2 = k \cdot \Delta x^2$$

$$\Delta x = v \cdot \sqrt{\frac{m \cdot M}{m + M} \cdot \frac{1}{k}}$$

ה. הקפיץ לא נשאר בכיווץ המכסימלי, אלא חוזר למצב רפוי כי אין התנגדות לכוח הקפיץ.

ו. כן. התנע הקווי הכולל נשמר לאורך כל התנועה כי אין כוחות חיצוניים על המערכת.

ז. לא. האנרגיה הקינטית הכוללת לא נשמרת מכיוון שהיא הופכת זמנית לאנרגיה פוטנציאלית אלסטית.

---

3. נמצא קודם כל את זמן המחזור והמשרעת מן השרטוט:

$A = 2 \cdot 0.05 = 0.1\ m$

$T = 12 \cdot 0.2 = 2.4\ sec \implies \omega = \frac{2 \cdot \pi}{T} = \frac{2 \cdot \pi}{2.4} = 2.6\ \frac{Rad}{sec}$

בזמן t=0 ההעתק שווה לאפס, ההעתק הולך וגדל והמהירות היא חיובית.

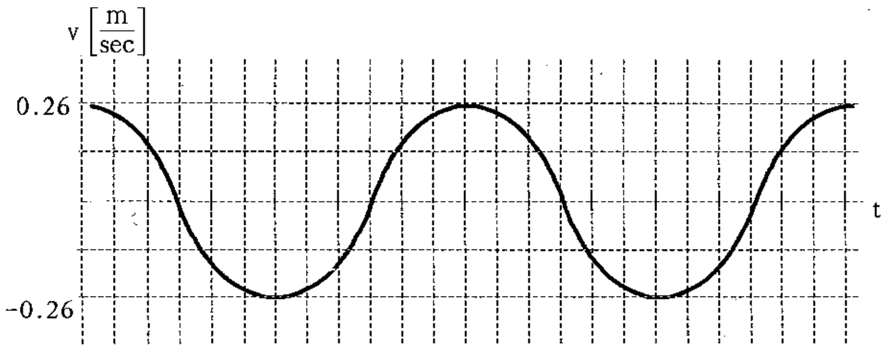
א. $x = A \cdot \sin(\omega \cdot t) = 0.1 \cdot \sin(2.6 \cdot t)$

ב. כדי לשרטט את הגרף נמצא את המהירות המכסימלית:

$v_{max} = \omega \cdot A = 2.6 \cdot 0.1 = 0.26\ \frac{m}{sec}$

תדירות שינוי המהירות זהה תמיד לתדירות שינוי ההעתק. הפונקציה המתארת את המהירות היא פונקצית ה- cos:

$v = \omega \cdot A \cdot \cos(\omega \cdot t) = 0.26 \cdot \cos(2.6 \cdot t)$

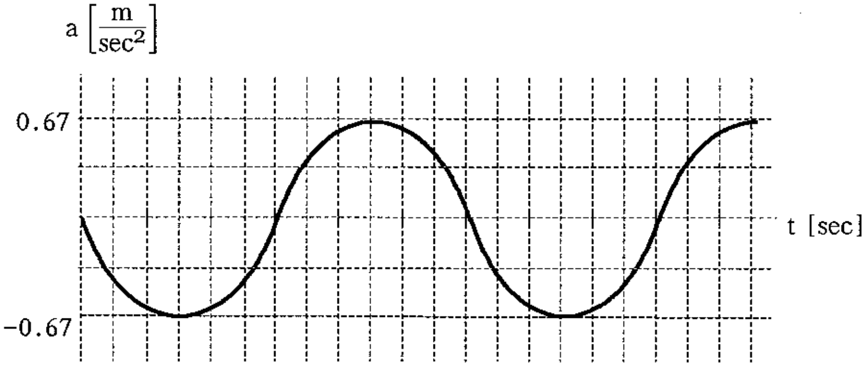


ג. כדי לשרטט את גרף התאוצה נמצא את התאוצה המכסימלית:

$$a_{max} = \omega^2 \cdot A = 2.6^2 \cdot 0.1 = 0.676 \ \frac{m}{sec^2}$$

מאחר וההעתק והתאוצה הפוכים תמיד בכיוונם:

$$a = -a_{max} \cdot \sin(\omega \cdot t) = -0.676 \cdot \sin(2.6 \cdot t)$$



ד. ההעתק ברגע t=0 הוא מכסימלי. הפונקציה המתארת את ההעתק היא פונקצית ה- cos:

$$x = A \cdot \cos(\omega \cdot t) = 0.1 \cdot \cos(2.6 \cdot t)$$

ה. ההעתק ברגע t=0 שווה לאפס, אבל הוא הופך לשלילי עם תחילת התנועה:

$$x = -A \cdot \sin(\omega \cdot t) = -0.1 \cdot \sin(2.6 \cdot t)$$

4. א. החבל חסר מסה, אין חיכוך בין הגלגלת והחוט.

ב. נמצא ביטוי לתאוצת המערכת: $\Sigma F = m \cdot a$

נסתכל על כל המערכת כגוף אחד:

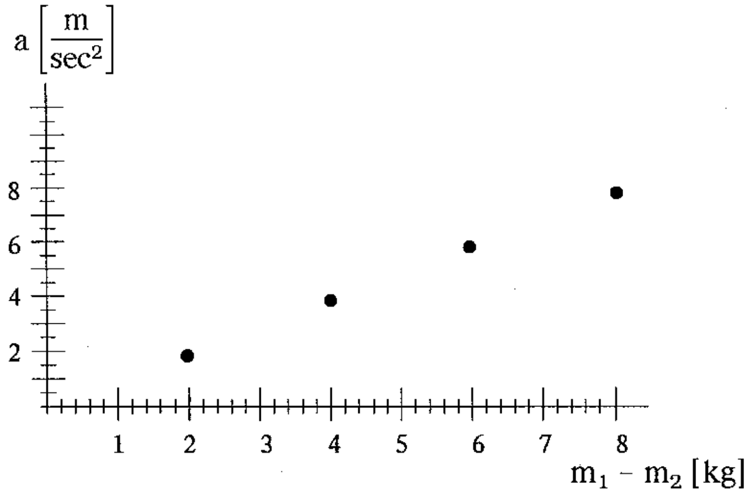
$$m_1 \cdot g - m_2 \cdot g = (m_1 + m_2) \cdot a$$

$$a = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} \cdot g$$

נוסיף לטבלה את $m_1 - m_2$:

m_1-m_2 [kg]	m_1 [kg]	m_2 [kg]	a [m/sec²]
0	5	5	0
2	6	4	1.94
4	7	3	3.88
6	8	2	5.91
8	9	1	7.88

ג.



השיפוע (m) הוא:

$$m = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{7.88 - 0}{8 - 0} = 0.985 \frac{m}{sec^2 \cdot kg}$$

שיפוע זה שווה, כפי שראינו קודם לביטוי:

$$m = \frac{1}{m_1 + m_2} \cdot g$$

ולכן:

$$g = m \cdot (m_1 + m_2) = 0.985 \cdot 10 = 9.85 \frac{m}{sec^2}$$

ד. כדי לשמור על הסכום $m_1 + m_2$ קבוע.

ה. השיפוע היה קטן יותר מאחר ותאוצת הכובד על הירח קטנה יותר.

ו. אם נשרטט את a כפונקציה של $\frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}$ השיפוע יהיה בדיוק תאוצת הכובד g.

5. א.

$$U_G = -G \cdot \frac{M \cdot 5M}{r}$$

מאחר ונתון:

$$U_{G0} = -G \cdot \frac{M \cdot 5M}{R}$$

נציב ונקבל:

$$U_G = U_{G0} \cdot \frac{R}{r}$$

ב. משימור האנרגיה:

$$U_{G0} = U_G + E_K$$
$$E_K = U_{G0} - U_G$$
$$E_K = U_{G0} - U_{G0} \cdot \frac{R}{r} = U_{G0} \cdot \frac{(r - R)}{r}$$

ג. משימור התנע נקבל:

$$0 = M \cdot v_M + 5 \cdot M \cdot v_{5M}$$
$$v_M = -5 \cdot v_{5M}$$
$$E_{K\ (5M)} = \frac{1}{2} \cdot 5M \cdot v_{5M}^2$$
$$E_{K\ (M)} = \frac{1}{2} \cdot M \cdot v_M^2 = \frac{1}{2} \cdot M \cdot \left[-5 \cdot v_{5M}\right]^2 = 5 \cdot \left[\frac{1}{2} \cdot 5M \cdot v_{5M}^2\right] = 5 \cdot E_{K\ (5M)}$$
$$E_K = E_{K(M)} + E_{K\ (5M)} = 5 \cdot E_{K\ (5M)} + E_{K\ (5M)} = 6E_{K\ (5M)}$$
$$E_{K\ (5M)} = \frac{1}{6} \cdot E_K = \frac{1}{6} \cdot U_{G0} \cdot \frac{(r - R)}{r}$$
$$E_{K\ (M)} = 5 \cdot E_{K\ (5M)} = \frac{5}{6} \cdot U_{G0} \cdot \frac{(r - R)}{r}$$

ד. האנרגיה הכוללת של המערכת שווה לאנרגיה הפוטנציאלית ההתחלתית:

$$E = U_{G0}$$

ה. התנע הכולל שווה לאפס כל הזמן.

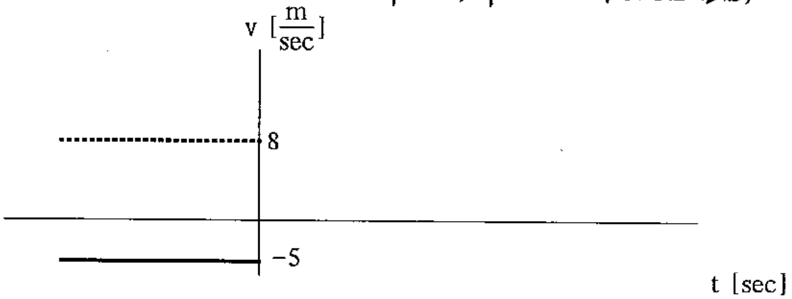
מבחן מתכונת מספר 15

משך הבחינה: שעה וחצי

מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה חמש שאלות. מתוכן עליך לענות על שלוש שאלות בלבד.

לכל שאלה - $33\frac{1}{3}$ נקודות. מספר הנקודות לכל סעיף רשום בסופו.

1. התיאור הגרפי של המהירות של שני כדורים זהים המתנגשים מצחית, לפני ההתנגשות, במערכת הנמצאת על ריצפת החדר (מערכת א') נראה כך (הכיוון החיובי הוא ימינה):



נעשית גם מדידה ממערכת הנעה ימינה במהירות קבועה של 4cm/sec (מערכת ב').

א. כיצד יראה גרף התנועה במערכת ב', לפני ההתנגשות? (7 1/3 נקודות)

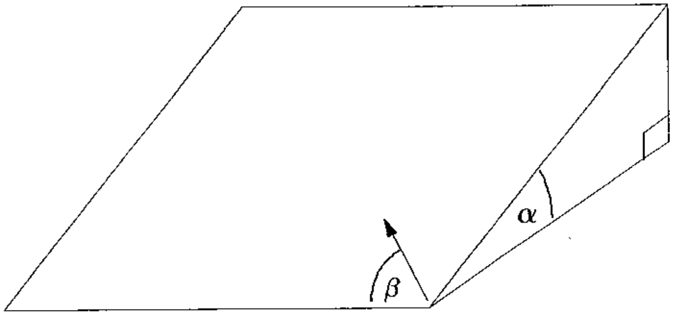
ב. כיצד יראה גרף התנועה במערכות א' ו-ב', אחרי ההתנגשות, אם ההתנגשות היא התנגשות פלסטית? (7 נקודות)

ג. כיצד יראה גרף התנועה במערכות א' ו-ב', אחרי ההתנגשות, אם ההתנגשות היא התנגשות אלסטית לחלוטין? (7 נקודות)

ד. האם נשמר התנע הקווי, מנקודת מבטה של המערכת הנעה במקרים ב' ו-ג'? הסבר/י. (6 נקודות)

ה. האם נשמרת האנרגיה הקינטית, מנקודת מבטה של המערכת הנעה במקרים ב' ו-ג'? הסבר/י. (6 נקודות)

2. כדור נזרק בזווית β על גבי מישור משופע מישורי חלק שזוויתו α.



א. שרטט/י את הכוחות הפועלים על הכדור (5 1/3 נקודות)

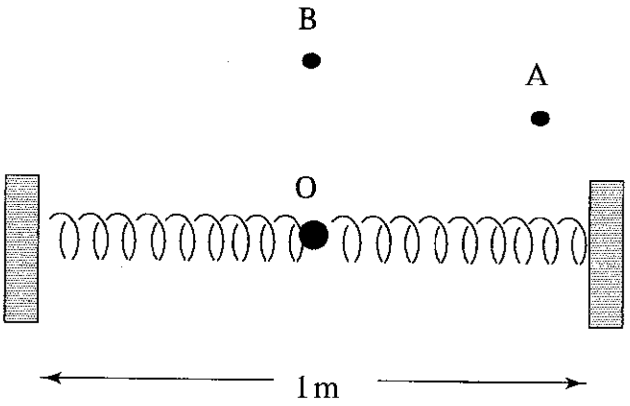
ב. מצא ביטוי למהירות הגוף על המישור (בכל ציר בנפרד) כפונקציה של הזמן (8 נקודות)

ג. מצא ביטוי למיקום הגוף על המישור (בכל ציר בנפרד) כפונקציה של הזמן (8 נקודות)

ד. מהו הקשר בין מהירות הזריקה v_0 ובין המרחק האופקי R עד לנקודה בו חוזר הכדור לתחתית המישור המשופע?
(6 נקודות)

ה. מהו הקשר בין מהירות הזריקה v_0 ובין הגובה המירבי אליו יגיע הגוף על גבי המישור המשופע? (6 נקודות)

3. מסה נקודתית של 100 gr מחוברת לשני קפיצים שאורכם הרפוי 25 cm . קבוע הקפיץ של הקפיץ הימני הוא 20 N/m ושל הקפיץ השמאלי הוא 40 N/m.



א. מהי העבודה הדרושה להביא את המסה מן הנקודה O (הנמצאת במרחק זהה משני הקירות) ועד לנקודה A, שבה הקפיץ הימני באורך 25 cm והקפיץ השמאלי באורך של 1 m, כאשר המסלול של פעולת הכוח הוא הקו הישר בין שתי הנקודות? (7 1/3 נקודות)

ב. האם המסלול לאורכו מביאים את המסה מנקודה O לנקודה A משנה את התוצאה? הסבר/י (5 נקודות)

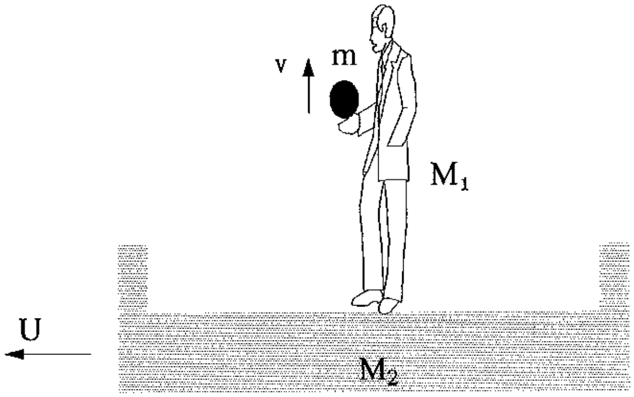
ג. מהי העבודה הדרושה להביא את המסה מן הנקודה O לנקודה B, שבה שני הקפיצים מתוחים 80 cm? (6 נקודות)

ד. השתמש/י בתוצאות סעיפים א ו-ג' כדי לחשב מהי העבודה הדרושה להביא את המסה מן הנקודה B לנקודה A. (6 נקודות)

ה. מהי העבודה הכוללת הדרושה להביא את המסה מן הנקודה O אל הנקודה A משם אל הנקודה B ומשם חזרה אל הנקודה O? (5 נקודות)

ו. מהי המסקנה מתוצאות סעיף ה'? (4 נקודות)

4. אדם שמסתו M_1 עומד יציב על עגלה פתוחה שמסתה M_2 הנעה במהירות U ובידו כדור שמסתו m.
האדם זורק את הכדור ישירות כלפי מעלה (יחסית אליו) במהירות v.



א. מהי צורת המסלול של הכדור יחסית לעגלה? (3 1/3 נקודות)

ב. מהי צורת המסלול של הכדור יחסית לארץ? (5 נקודות)

ג. מהו שינוי המהירות של העגלה והאדם עקב זריקת הכדור, כפי שנמדד במערכת יחוס הצמודה לעגלה? (5 נקודות)

ד. מהו שינוי המהירות של העגלה והאדם עקב זריקת הכדור, כפי שנמדד במערכת יחוס הצמודה לארץ? (5 נקודות)

ה. האם נשמר התנע הקווי הכללי של המערכת אדם-עגלה-כדור, ביחס למערכת יחוס הצמודה לעגלה? <u>הסבר/י</u> (5 נקודות)

ו. האם נשמר התנע הקווי הכללי של המערכת אדם-עגלה-כדור, ביחס למערכת יחוס הצמודה לארץ? <u>הסבר/י</u> (5 נקודות)

ז. מהו המרחק האופקי בין העגלה והכדור ברגע חזרת הכדור לגובה ממנו נזרק? (5 נקודות)

5. טיל נורה מפני כדור הארץ במהירות התחלתית v_0 הקטנה ממהירות המילוט ב-20% בכיוון מאונך לפני כדור הארץ.

א. מהו הגובה המכסימלי (h_{max}) מעל פני כדור הארץ אליו יגיע הגוף? (כפונקציה של R_E,g,) (7 1/3 נקודות)

ב. מהי המהירות בה יפגע חזרה בארץ (כפונקציה של R_E,g,)? (8 נקודות)

ג. כיצד נראה, באופן איכותי, הגרף המקשר את ריבוע מהירות הזריקה (v_0^2) עם אחד חלקי הגובה המכסימלי ($1/h_{max}$)? (8 נקודות)

ד. מהי המהירות בה צריך לירות את הטיל כדי שתהיה לו מספיק אנרגיה כדי להפוך ללווין בנקודה שמצאת בסעיף א' (כפונקציה של R_E,g,)? (התעלם/י משיקולי צורת מסלול) (8 נקודות)

בהצלחה!!!

תשובות סופיות - מבחן מתכונת מספר 15

שאלה מספר 1

א. $v_1 = 4\,\frac{m}{sec}$ בי , $v_2 = -9\,\frac{m}{sec}$ בי

ב. $U = 1.5\,\frac{m}{sec}$, $U = -2.5\,\frac{m}{sec}$ בי

ג. $u_1 = -5\,\frac{m}{sec}$, $u_2 = 8\,\frac{m}{sec}$, $u_1 = -9\,\frac{m}{sec}$ בי , $u_2 = 4\,\frac{m}{sec}$ בי

ד. התנע הקווי נשמר בשתי מערכות היחוס

ה. האנרגיה הקינטית לא נשמרת בהתנגשות הפלסטית, בשתי המערכות.

שאלה מספר 2

ב. $v_X = v_0 \cdot \cos(\beta)$; $v_Y = v_0 \cdot \sin(\beta) - g \cdot \sin(\alpha) \cdot t$

ג. $X = v_0 \cdot \cos(\beta) \cdot t$; $Y = v_0 \cdot \sin(\beta) \cdot t - \frac{1}{2} \cdot g \cdot \sin(\alpha) \cdot t^2$

ד. $R = \frac{v_0^2 \cdot \sin(2 \cdot \beta)}{g \cdot \sin(\alpha)}$

ה. $H = \frac{v_0^2 \cdot \sin^2(\beta)}{2 \cdot g \cdot \sin(\alpha)}$

שאלה מספר 3

א. $W = 18.125\text{ J}$

ב. לא. כוח הקפיץ הוא כוח משמר.

ג. $W = 17.325\text{ J}$

ג. $W_{B \to A} = 0.8\text{ J}$

ה. המסקנה היא שהכוח הוא כוח משמר.

שאלה מספר 4

א. ביחס לעגלה הזריקה היא ישירות כלפי מעלה.

ב. ביחס לריצפה זריקה משופעת קדימה, בכיוון תנועת העגלה.

ג. אין שינוי בתנועת העגלה.

ד. אין שינוי בתנועת העגלה.

ה. התנע הקווי הכללי לא נשמר.

ו. מכל מערכת יחוס אינרציאלית התוצאה תהיה זהה. התנע בציר Y נוצר מכוח חיצוני.

ז. המרחק האופקי שווה לאפס.

שאלה מספר 5

א. $R = 2.78 \cdot R_E$

ב. $v = 0.8 \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot R_E}$

ג. הגרף של v_0^2 כפונקציה של $\frac{1}{h_{max}}$ הוא, לכן קו ישר ששיפועו $-2 \cdot g \cdot R_E$ ונקודת החיתוך עם ציר Y היא $2 \cdot g \cdot R_E$

ד. $v_0 = 1.13 \cdot \sqrt{g \cdot R_E}$

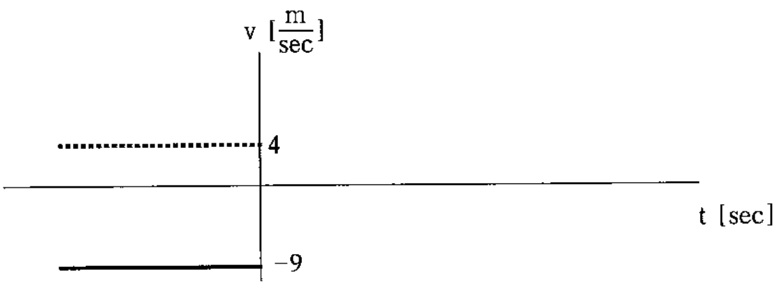
תשובות מלאות - מבחן מתכונת מספר 15

1. א. המהירות של שתי המסות, במערכת ב' היא:

$$v_{1\ \text{א'}} = v_{1\ \text{ב'}} + V_{\text{א'-ב'}}$$

$$v_{1\ \text{ב'}} = 8 - 4 = 4\ \frac{m}{sec}$$

$$v_{2\ \text{ב'}} = -5 - 4 = -9\ \frac{m}{sec}$$

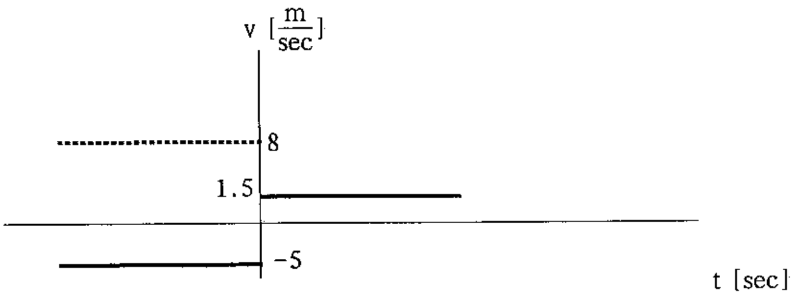


ב. אם ההתנגשות היא פלסטית המהירות אחרי ההתנגשות במערכת המעבדה (מערכת א') היא:

$$m \cdot v_1 + m \cdot v_2 = 2m \cdot U$$

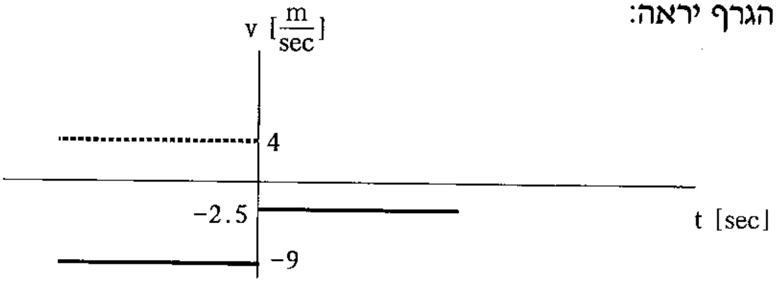
$$U = \frac{v_1 + v_2}{2} = \frac{8 + (-5)}{2} = 1.5\ \frac{m}{sec}$$

במערכת המעבדה הגרף יראה:



במערכת ב' המהירות היא: U ב' $= 1.5 - 4 = -2.5 \frac{m}{sec}$

הגרף יראה:



ג. אם ההתנגשות היא אלסטית המהירות אחרי ההתנגשות במערכת המעבדה (מערכת א') היא:

$$m \cdot v_1 + m \cdot v_2 = m \cdot u_1 + u_2$$
$$v_1 + v_2 = u_1 + u_2$$
$$8 + (-5) = u_1 + u_2$$
$$3 = u_1 + u_2$$

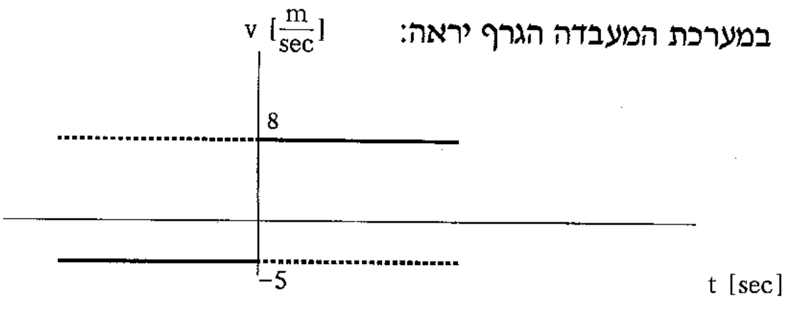
$$v_1 - v_2 = u_2 - u_1$$
$$8 - (-5) = u_2 - u_1$$
$$13 = u_2 - u_1$$

נציב במשוואה ונקבל:

$$13 = (3 - u_1) - u_1$$
$$u_1 = -5 \frac{m}{sec}$$

$$u_2 = 3 - u_1 = 3 - (-5) = 8 \frac{m}{sec}$$

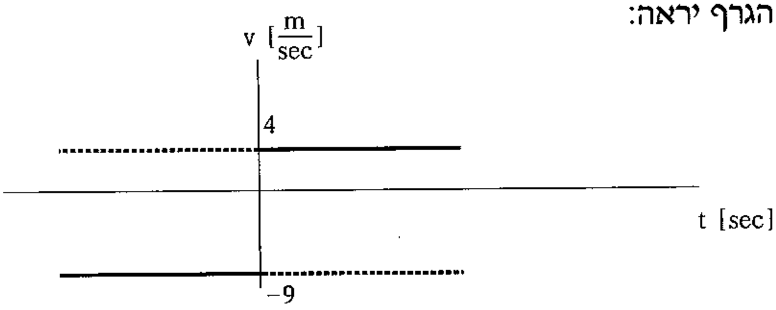
במערכת המעבדה הגרף יראה:



במערכת ב׳ המהירויות הן:
$$u_{1\,\text{ב'}} = -5 - 4 = -9\ \frac{m}{sec}$$

$$u_{2\,\text{ב'}} = 8 - 4 = 4\ \frac{m}{sec}$$

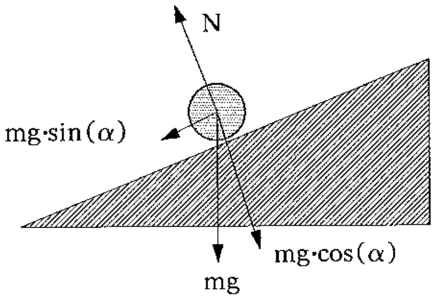
הגרף יראה:



ד. התנע הקווי נשמר בשתי מערכות היחוס (המערכות הן אינרציאליות)

ה. האנרגיה הקינטית לא נשמרת בהתנגשות הפלסטית וכן נשמרת בהתנגשות האלסטית, ללא קשר למערכת היחוס.

2. א. הכוחות הפועלים על הגוף, הם הכוחות הרגילים הפועלים על גוף הנמצא על מישור משופע.



ב. המהירות ההתחלתית בכל רכיב היא:
$$v_{0\,X} = v_0 \cdot \cos(\beta) \quad ; \quad v_{0\,Y} = v_0 \cdot \sin(\beta)$$

בציר X אין כוח שפועל על הגוף, ולכן מהירותו קבועה:
$$v_X = v_{0\,X} = v_0 \cdot \cos(\beta)$$

בציר Y פועל כוח הגורם לתאוצה של $-g\cdot\sin(\alpha)$ ולכן המהירות היא:

$$v_Y = v_{0\,Y} + a_Y\cdot t$$

$$v_Y = v_0\cdot\sin(\beta) - g\cdot\sin(\alpha)\cdot t$$

ג. מאחר ובציר X המהירות קבועה:

$$X = v_0\cdot\cos(\beta)\cdot t$$

בציר Y:

$$Y = v_0\cdot\sin(\beta)\cdot t - \frac{1}{2}\cdot g\cdot\sin(\alpha)\cdot t^2$$

ד. בנקודת החזרה לתחתית המישור המשופע מתאפס רכיב Y.
נסמן את הזמן ב- t_R:

$$0 = v_0\cdot\sin(\beta)\cdot t_R - \frac{1}{2}\cdot g\cdot\sin(\alpha)\cdot t_R^2$$

$$t_R = \frac{2\cdot v_0\cdot\sin(\beta)}{g\cdot\sin(\alpha)}$$

$$R = v_0\cdot\cos(\beta)\cdot t_R = v_0\cdot\cos(\beta)\cdot\left[\frac{2\cdot v_0\cdot\sin(\beta)}{g\cdot\sin(\alpha)}\right] = \frac{v_0^2\cdot\sin(2\cdot\beta)}{g\cdot\sin(\alpha)}$$

ה. בשיא הגובה המהירות ברכיב Y מתאפסת. נסמן את הזמן ב- t_H:

$$0 = v_0\cdot\sin(\beta) - g\cdot\sin(\alpha)\cdot t_H$$

$$t_H = \frac{v_0\cdot\sin(\beta)}{g\cdot\sin(\alpha)}$$

הגובה, על המישור המשופע, הוא:

$$H = v_0\cdot\sin(\beta)\cdot t_H - \frac{1}{2}\cdot g\cdot\sin(\alpha)\cdot t_H^2$$

$$H = v_0\cdot\sin(\beta)\cdot\left[\frac{v_0\cdot\sin(\beta)}{g\cdot\sin(\alpha)}\right] - \frac{1}{2}\cdot g\cdot\sin(\alpha)\cdot\left[\frac{v_0\cdot\sin(\beta)}{g\cdot\sin(\alpha)}\right]^2$$

$$H = \frac{v_0^2\cdot\sin^2(\beta)}{2\cdot g\cdot\sin(\alpha)}$$

3. א. העבודה שווה להפרש האנרגיות הפוטנציאליות האלסטיות:

$$W = \Delta U_{el} = \left[\frac{1}{2}\cdot k_1\cdot \Delta l_1'^2 + \frac{1}{2}\cdot k_2\cdot \Delta l_1'^2\right] - \left[\frac{1}{2}\cdot k_1\cdot \Delta l_1^2 + \frac{1}{2}\cdot k_2\cdot \Delta l_1^2\right]$$

$$W = \left[\frac{1}{2}\cdot 20\cdot 0^2 + \frac{1}{2}\cdot 40\cdot 1^2\right] - \left[\frac{1}{2}\cdot 20\cdot 0.25^2 + \frac{1}{2}\cdot 40\cdot 0.25^2\right] = 18.125\ J$$

ב. המסלול לא משנה כי כוח הקפיץ הוא כוח משמר.

ג.

$$W = \left[\frac{1}{2}\cdot 20\cdot 0.8^2 + \frac{1}{2}\cdot 40\cdot 0.8^2\right] - \left[\frac{1}{2}\cdot 20\cdot 0.25^2 + \frac{1}{2}\cdot 40\cdot 0.25^2\right] = 17.325\ J$$

ג. העבודה שווה להפרש העבודות:

$$W_{B\rightarrow A} = W_{o\rightarrow A} - W_{O\rightarrow B} = 18.125 - 17.325 = 0.8\ J$$

ד. העבודה הכוללת על מסלול סגור שווה לאפס, כי בזמן פעולת הכוח הצטברה אנרגיה פוטנציאלית אלסטית המשתחררת כאשר העבודה היא שלילית.

ה. המסקנה היא שהכוח הוא כוח משמר.

4. א. ביחס לעגלה אין לכדור מהירות התחלתית בכיוון X ומכיוון שלא פועל עליו כוח בכיוון זה תמשיך המהירות של העגלה והכדור ברכיב X להיות זהה. לכן ביחס לעגלה הזריקה היא ישירות כלפי מעלה.

ב. ביחס לריצפה יש לכדור מהירות התחלתית בכיוון תנועת העגלה, ולכן התנועה תהיה זריקה משופעת קדימה, בכיוון תנועת העגלה.

ג. אין שינוי בתנועת העגלה. לכדור ניתנת מהירות בציר Y. בציר זה אין שימור תנע בגלל הפעלת כוח על ידי הריצפה. בכיוון X המהירות נשארת אפס.

ד. אין שינוי בתנועת העגלה. לכדור ניתנת מהירות בציר Y. בציר זה אין שימור תנע בגלל הפעלת כוח על ידי הריצפה. בכיוון X המהירות נשארת אותה המהירות.

ה. התנע הקווי הכללי לא נשמר מכיוון שנוצר תנע בציר Y כתוצאה מהכוח שהפעילה הקרקע.

ו. מכל מערכת יחוס אינרציאלית התוצאה תהיה זהה. התנע בציר Y נוצר מכוח חיצוני.

ז. המרחק האופקי שווה לאפס. אין מהירות יחסית אופקית בין הכדור והעגלה ולכן הכדור יפול בדיוק בנקודה ממנה נזרק.

---

5. א. הביטוי למהירות המילוט הוא: $v_e = \sqrt{2 \cdot g \cdot R_E}$

(ההוכחה בעמוד 455 בספר המכניקה)

מהירות הגוף הנזרק היא: $v' = 0.8 \cdot v_e$

נמצא את הגובה המכסימלי משיקולי אנרגיה: $E_1 = E_2$

$$-G \cdot \frac{M \cdot m}{R_E} + \frac{1}{2} \cdot m \cdot v'^2 = -G \cdot \frac{M \cdot m}{R}$$

נציב את הזהויות הבאות: $\frac{G \cdot M}{R_E} = g \cdot R_E \quad ; \quad G \cdot M = g \cdot R_E^2$

$$-g \cdot R_E + \frac{1}{2} \cdot \left[0.8 \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot R_E}\right]^2 = -g \cdot \frac{R_E^2}{R}$$

$$-g \cdot R_E + \frac{1}{2} \cdot 0.64 \cdot 2 \cdot g \cdot R_E = -g \cdot \frac{R_E^2}{R}$$

$$-1 + 0.64 = -\frac{R_E}{R}$$

$$R = 2.78 \cdot R_E$$

ב. מהירות הפגיעה בקרקע זהה למהירות הזריקה:

$$v = 0.8 \cdot v_e = 0.8 \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot R_E}$$

ג. הקשר בין שני הגורמים הוא לפי חוק שימור האנרגיה:

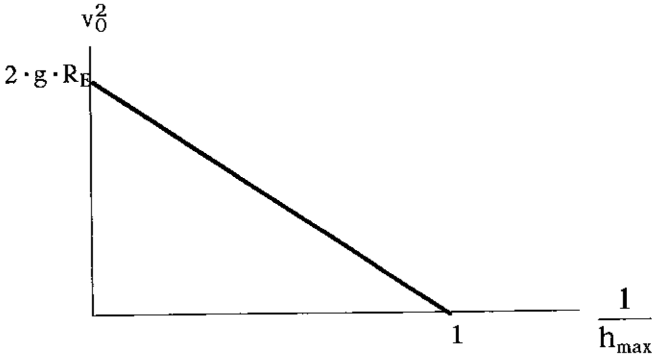
$$-G\cdot\frac{M\cdot m}{R_E}+\frac{1}{2}\cdot m\cdot v_0^2=-G\cdot\frac{M\cdot m}{h_{max}}$$

$$-g\cdot R_E+\frac{1}{2}\cdot v_0^2=-g\cdot R_E^2\cdot\frac{1}{h_{max}}$$

$$v_0^2=2\cdot g\cdot R_E-2\cdot g\cdot R_E\cdot\frac{1}{h_{max}}$$

הגרף של v_0^2 כפונקציה של $\frac{1}{h_{max}}$ הוא, לכן קו ישר ששיפועו

$-2\cdot g\cdot R_E$ ונקודת החיתוך עם ציר Y היא $2\cdot g\cdot R_E$



ד. האנרגיה הכוללת כלווין היא: $E=-G\cdot\frac{M\cdot m}{2\cdot R}$

משוואת שימור האנרגיה היא:

$$-G\cdot\frac{M\cdot m}{R_E}+\frac{1}{2}\cdot m\cdot v_0^2=-G\cdot\frac{M\cdot m}{2R}$$

$$-g\cdot R_E+\frac{1}{2}\cdot v_0^2=-\frac{g\cdot R_E^2}{2\cdot R}$$

נציב את הביטוי ל-R: $R=2.78\cdot R_E$

$$-g\cdot R_E+\frac{1}{2}\cdot v_0^2=-\frac{g\cdot R_E^2}{2\cdot 2.78\cdot R_E}$$

$$v_0^2=2\cdot g\cdot R_E\cdot\left[1-\frac{1}{2.78}\right]$$

$$v_0=1.13\cdot\sqrt{g\cdot R_E}$$

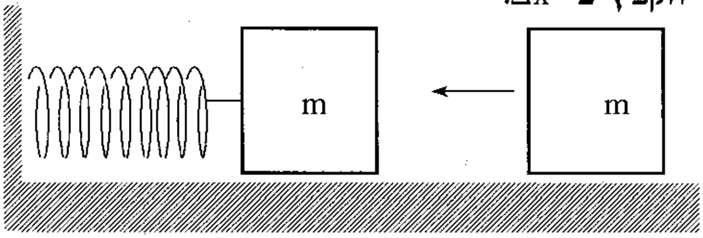
מבחן מתכונת מספר 16

משך הבחינה: שעה וחצי

מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה חמש שאלות. מתוכן עליך לענות על שלוש שאלות בלבד.

לכל שאלה - $33\frac{1}{3}$ נקודות. מספר הנקודות לכל סעיף רשום בסופו.

1. מסה m נעה על מישור אופקי חסר חיכוך ומתנגשת בהתנגשות אלסטית לחלוטין במסה שניה זהה הנמצאת במנוחה כשהיא קשורה לקפיץ שקבוע הקפיץ שלו k. כתוצאה מן ההתנגשות מתכווץ הקפיץ ב- Δx.



א. מהי מהירות המסה החופשית לפני ההתנגשות? (5 1/3 נקודות)

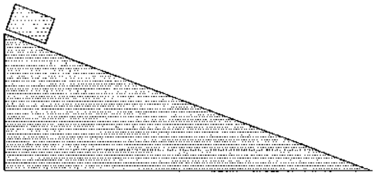
ב. תוך כמה זמן מרגע ההתנגשות הראשונה יתנגשו הגופים שנית? (6 נקודות)

ג. מה יהיה המרחק בין המסות t שניות לאחר ההתנגשות השניה? (6 נקודות)

ד. האם האנרגיה הכללית והתנע הכללי נשמרים בין המצב המתואר ב-א' (לפני ההתנגשות הראשונה) ובין המצב המתואר ב-ג'? (אחרי ההתנגשות השניה) הסבר/י (8 נקודות)

ה. כיצד נראה גרף המהירות כפונקציה של הזמן, של שתי מסות, מלפני ההתנגשות הראשונה ועד לאחר ההתנגשות השניה, מתוך הנחה שזמן ההתנגשות עצמו הוא אפסי. (8 נקודות)

2. בניסוי למציאת תאוצת הכובד שוחרר גוף מראש מישור משופע חלק ונמדד הזמן שאורכת תנועתו עד לתחתית המישור המשופע (מרחק של 1m). בכל מדידה שונתה זווית המישור המשופע.



התוצאות מרוכזות בטבלה הבאה:

α	t
5^0	1.51
10^0	1.07
20^0	0.76
30^0	0.63
40^0	0.56
50^0	0.51
60^0	0.48
70^0	0.46
80^0	0.45

א. מהו הקשר המתמטי בין זווית השיפוע וזמן התנועה? (7 1/3 נקודות)

ב. איזה טור נוסף יש להוסיף לטבלה כדי להקל על שרטוט גרף לינארי? (5 נקודות)

ג. מהו השיפוע של הגרף הלינארי? (6 נקודות)

ד. שרטט/י את הגרף ומצא/י ממנו את תאוצת הכובד. (6 נקודות)

ה. האם הערך שנמצא בניסוי מתאים לערך התיאורטי? (6 נקודות)

ו. מנה/י שלושה גורמים היכולים לגרום לשגיאת מדידה. (3 נקודות)

3. גוף שמסתו m מונח על הריצפה.

א. מהם שני הכוחות הפועלים על הגוף? (6 נקודות)

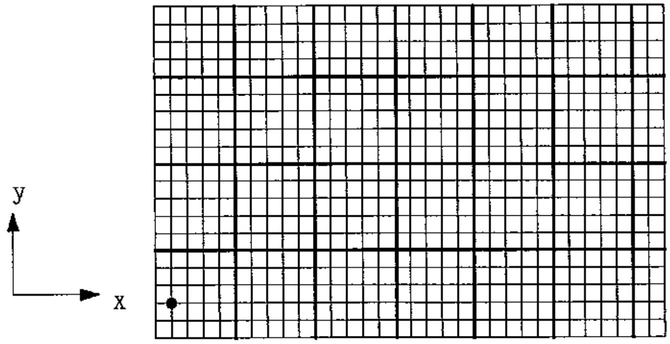
ב. האם שני הכוחות הפועלים על הגוף הם זוג כוחות של פעולה ותגובה? (5 1/3 נקודות)

ג. מהם התגובות לכל אחד מהכוחות הפועלים על הגוף (מי מפעיל אותם ועל מי הם פועלים)? (6 נקודות)

ד. האם ניתן ליצור תנאים שונים, בהם שני הכוחות הפועלים על הגוף לא יהיו שווים בגודלם זה לזה?
אם כן, הסבר/י מדוע, אם לא הבא/י דוגמה לכך שניתן לגרום להם להיות שונים זה מזה. (8 נקודות)

ה. האם ניתן ליצור תנאים שונים, בהם הכוח שמפעילה הריצפה על הגוף לאל יהיה שווה לכוח שמפעיל הגוף על הריצפה?
אם כן, הסבר/י מדוע, אם לא הבא/י דוגמה לכך שניתן לגרום להם להיות שונים זה מזה. (8 נקודות)

4. מיקומו של גוף הנע על מישור מתואר בכל רגע על ידי שתי קואורדינטות המציינות את מיקומו ביחס לראשית צירים דמיונית. כל שנתנה מציינת מרחק של 1 m.
ברגע $t=0$ היה הגוף בנקודה ($x=1$ m ; $y=2$ m).



א. שרטט/י את מיקומו של הגוף בחמש שניות עוקבות של תנועה בכל אחד מהמצבים הבאים:

(I) לגוף מהירות קבועה של $3\,m/sec$ בכיוון ציר X ומהירות קבועה של $2\,m/sec$ בכיוון ציר Y. (5 נקודות)

(II) הגוף נע בתנועה שוות תאוצה של $2\,m/sec^2$ בכיוון ציר ה-X (מהירותו ההתחלתית בציר זה היא אפס) ובתנועה במהירות קבועה של $1\,m/sec$ בכיוון ציר Y. (5 נקודות)

(III) הגוף נע בתנועה שוות תאוצה של $2\,m/sec^2$ בכיוון ציר ה-X (מהירותו ההתחלתית בציר זה היא אפס) ובתנועה שוות תאוצה של $1\,m/sec^2$ בכיוון ציר ה-Y (מהירותו ההתחלתית בציר זה היא אפס) (5 1/3 נקודות)

ב. מהם שיעורי ווקטור המיקום של הגוף לאחר השניה החמישית של התנועה בכל אחד משלושת המקרים? (9 נקודות)

ג. מהם שיעורי ווקטור ההעתק בין השניה הרביעית והשניה החמישית של התנועה בכל אחד משלושת המקרים? (9 נקודות)

5. לווין שמסתו 5000 kg נע במסלול מעגלי בגובה של 6,000 km מפני כדור הארץ. כתוצאה מחיכוך עם האטמוספירה קטן המסלול ולאחר כמה ימים מגיע לגובה של 1000 km. נניח שהמסלול נשאר מעגלי כל הזמן כי הכיווץ נעשה לאט מאד.

א. מהו השינוי באנרגיה הקינטית? (6 נקודות)

ב. מהו השינוי באנרגיה הפוטנציאלית הכובדית? (6 נקודות)

ג. מהי עבודת כוח הכובד? (9 נקודות)

ד. מהי עבודת כוח החיכוך? (9 נקודות)

ה. מהי כמות האנרגיה שהפכה לחום? (3 1/3 נקודות)

בהצלחה!!!

תשובות סופיות – מבחן מתכונת מספר 16

שאלה מספר 1

א. $v = \sqrt{\frac{k}{m}} \cdot \Delta x$

ב. $t = \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}$

ג. $x = \left[\sqrt{\frac{k}{m}} \cdot \Delta x\right] \cdot 5$

ד. האנרגיה הכללית נשמרת. התנע הכללי לא נשמר.

שאלה מספר 2

א. $t = \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta x}{g}} \cdot \frac{1}{\sqrt{\sin(\alpha)}}$

ב. הטור הנוסף הוא: $\frac{1}{\sqrt{\sin(\alpha)}}$

ג. השיפוע של הקו הלינארי היא: $\sqrt{\frac{2 \cdot \Delta x}{g}}$

ד. $g = 10.3 \frac{m}{sec^2}$

ה. השיפוע קרוב לערך התיאורטי.

ו. גורמי שגיאה אפשריים הם חיכוך, מדידת הזווית ומדידת הזמן.

שאלה מספר 3

ב. לא. שני הכוחות אינם זוג של פעולה ותגובה.

ג. התגובה למשקל הוא כוח זהה הפועל על כדור הארץ כלפי מעלה.
התגובה לכוח הנורמלי הוא כוח הפועל על הריצפה כלפי מטה.

ד. הכוחות לא שווים בהכרח.

ה. הכוחות שווים בהכרח בגודלם והפוכים בכיוונם.

שאלה מספר 4

ב. $x_1 = 2\,m \;;\; x_2 = 5\,m \;;\; x_3 = 10\,m \;;\; x_4 = 17\,m \;;\; x_5 = 26\,m$

ג. $y_1 = 2.5\,m \;;\; y_2 = 4\,m \;;\; y_3 = 6.5\,m \;;\; y_4 = 10\,m \;;\; y_5 = 14.5\,m$

ד. (I) $\vec{X}_5 = (16,12)$
(II) $\vec{X}_5 = (26,7)$
(III) $\vec{X}_5 = (26,14.5)$

ה. (I) $\vec{R}_5 = (3,2)$
(II) $\vec{R}_5 = (9,1)$
(III) $\vec{R}_5 = (9,4.5)$

שאלה מספר 5

א. $\Delta E_K = 5.45 \cdot 10^{10}\ J$

ב. $\Delta U = -1.1 \cdot 10^{11}\ J$

ג. $W_G = 1.1 \cdot 10^{11}\ J$

ד. $W_f = -5.45 \cdot 10^{10}\ J$

ה. $Q = 5.45 \cdot 10^{10} J$

תשובות מלאות - מבחן מתכונת מספר 16

1. א. מאחר וההתנגשות אלסטית לחלוטין אין אובדן אהרגיה בהתנגשות. האנרגיה הקינטית עוברת ממסה אחת לשניה (כי המסות זהות). ניתן לכן להשתמש בחוק שימור האנרגיה:

$$\frac{1}{2}\cdot m\cdot v^2=\frac{1}{2}\cdot k\cdot \Delta x^2 \quad \Rightarrow \quad v=\sqrt{\frac{k}{m}}\cdot \Delta x$$

ב. הגופים יפגשו שנית לאחר מחצית זמן מחזור.

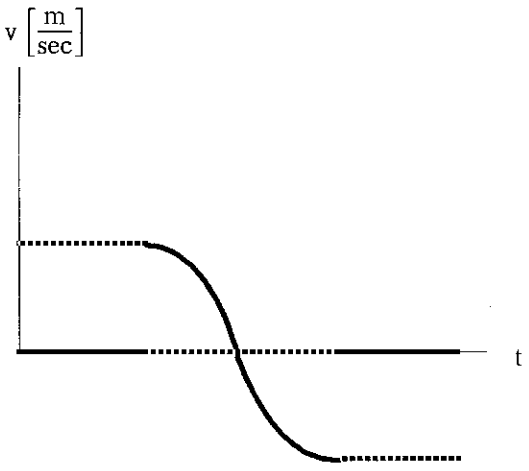
$$t=\frac{T}{2}=\frac{1}{2}\cdot\frac{2\cdot\pi}{\omega}=\pi\cdot\sqrt{\frac{m}{k}}$$

ג. לאחר ההתנגשות השניה המסה הקשורה לקפיץ תיעצר והמסה החופשית תנוע במהירות הראשונית שלה v.
המרחק בין המסות יהיה לכן:

$$x=v\cdot t=\left[\sqrt{\frac{k}{m}}\cdot \Delta x\right]\cdot 5$$

ד. האנרגיה הכללית נשמרת. ההתנגשות היא אלסטית ולכן אין אבדן אנרגיה בהתנגשות.
התנע הכללי לא נשמר. הקיר מפעיל כוח חיצוני הגורם לתנע הקווי לשנות את כיוונו (לא את גודלו).

ה.



2. א. זווית השיפוע קובעת את תאוצת הגוף: $a = g \cdot \sin(\alpha)$

התנועה היא בתאוצה קבועה ולכן: $\Delta x = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$

מאחר והמהירות ההתחלתית שווה לאפס, נקבל:

$$\Delta x = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$$

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta x}{a}} = \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta x}{g \cdot \sin(\alpha)}} = \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta x}{g}} \cdot \frac{1}{\sqrt{\sin(\alpha)}}$$

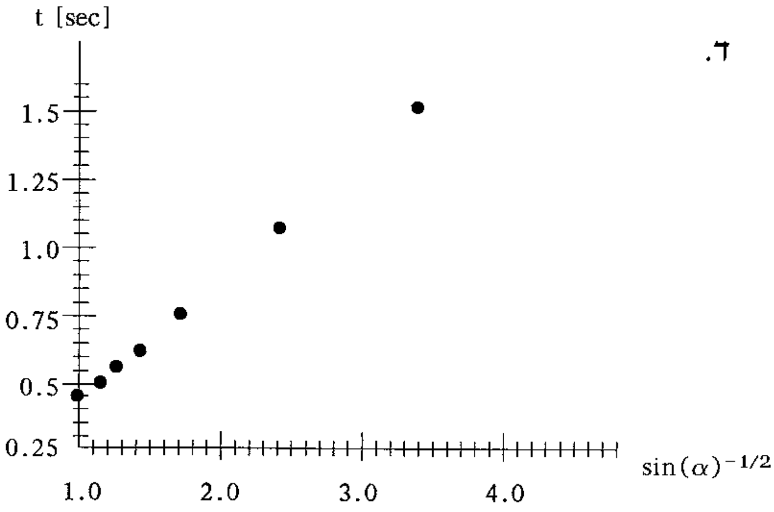
ב. הטור הנוסף הוא: $\frac{1}{\sqrt{\sin(\alpha)}}$

ג. השיפוע של הקו הלינארי הוא: $\sqrt{\frac{2 \cdot \Delta x}{g}}$

ד.

$\sin(\alpha)^{-1/2}$	α	t
3.39	5^0	1.51
2.40	10^0	1.07
1.71	20^0	0.76
1.41	30^0	0.63
1.25	40^0	0.56
1.14	50^0	0.51
1.07	60^0	0.48
1.03	70^0	0.46
1.01	80^0	0.45

ד.



נסמן את השיפוע ב- m. בניסוי מעבדה אמיתי חישוב השיפוע נעשה על ידי שרטוט קו ומציאת שתי נקודות על הקו ולא שתי נקודות מן הניסוי.

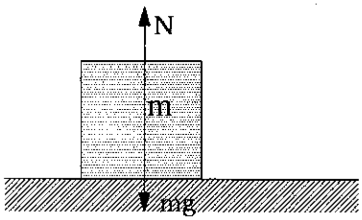
$$m = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{1.51 - 0.46}{3.39 - 1.01} = 0.44 \text{ sec}$$

$$m = \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta x}{g}} \implies g = \frac{2 \cdot \Delta x}{m^2} = \frac{2 \cdot 1}{0.44^2} = 10.3 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$$

ה. השיפוע קרוב לערך התיאורטי, מעט גדול יתר, אבל בהחלט בתחום השגיאה של הניסוי.

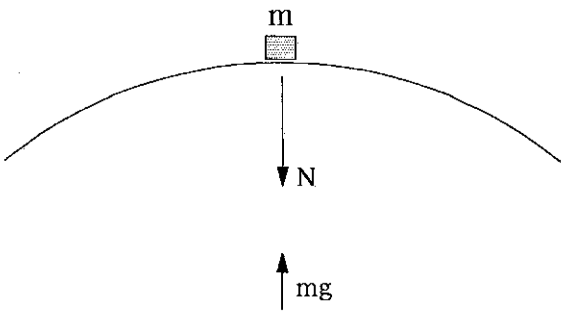
ו. גורמי שגיאה אפשריים הם ראשית חיכוך הקיים תמיד, מדידת הזווית היא תמיד קשה לדיוק ומדידת הזמן הדורשת הקפדה רבה.

3. א. הכוחות הפועלים על הגוף הם:



ב. לא. שני הכוחות אינם זוג של פעולה ותגובה. זוג פעולה ותגובה הם שני כוחות הפועלים על שני גופים שונים.

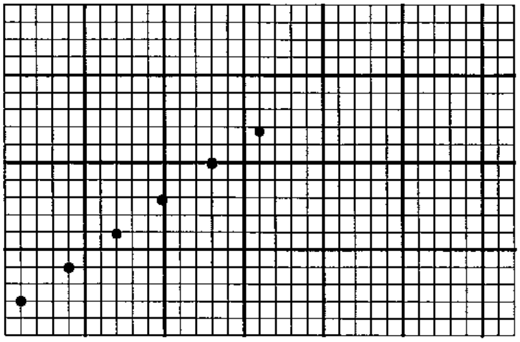
ג. התגובה למשקל הוא כוח זהה הפועל על כדור הארץ כלפי מעלה.
התגובה לכוח הנורמלי הוא כוח הפועל על הריצפה (שהיא חלק מכדור הארץ, כמובן) כלפי מטה.



ד. הכוחות הפועלים על הגוף שווים זה לזה כאשר הגוף במנוחה או כאשר מהירותו מהירות קבועה, וזאת בגלל החוק הראשון של ניוטון המתאר את המצב בו שקול הכוחות הפועלים על גוף שווה לאפס.
כאשר כל המערכת תהיה בתאוצה (למשל בתוך מעלית העולה או יורדת בתאוצה) לא יהיה הכוח השקול שווה לאפס ושני הכוחות לא יהיו שווים זה לזה.

ה. הכוחות שווים בהכרח בגודלם והפוכים בכיוונם בגלל החוק השלישי של ניוטון. הדבר אינו תלוי כלל במצב המערכת.

4. א. הגוף מתקדם במהירות קבועה בשני הרכיבים וכן הוא עובר 3m כל שניה בציר X ו- 2m בציר Y:



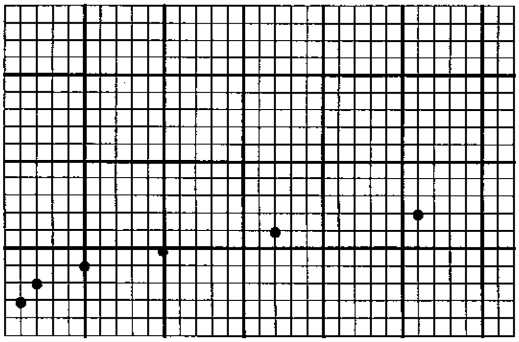
ב. נחשב את המיקום של הגוף בציר X בכל אחת משלוש השניות הבאות:

$$x = x_0 + v_{0x} \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$$

$$x_1 = 1 + \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 1^2 = 2\,m \;;\; x_2 = 1 + \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 2^2 = 5\,m \;;\; x_3 = 1 + \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 3^2 = 10\,m$$

$$x_4 = 1 + \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 4^2 = 17\,m \;;\; x_5 = 1 + \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 5^2 = 26\,m$$

בציר ה-Y מתקדם הגוף שנתה אחת בכל שניה.



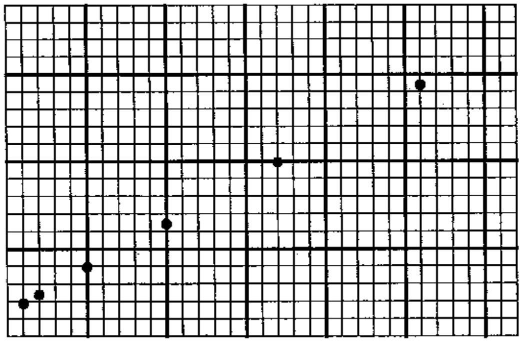
ג. שיעורי המיקום בכיוון X חושבו בסעיף הקודם. נחשב את שיעורי המיקום בציר Y:

$$y = y_0 + v_{0y} \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$$

$$y_1 = 2 + \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 1^2 = 2.5\,m \quad ; \quad y_2 = 2 + \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 2^2 = 4\,m \; ;$$

$$y_3 = 2 + \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 3^2 = 6.5\,m \quad ; \quad y_4 = 2 + \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 4^2 = 10\,m$$

$$y_5 = 2 + \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 5^2 = 14.5\,m$$



ד. וקטור המיקום במקרה הראשון הוא: $\vec{X}_5 = (16,12)$
וקטור המיקום במקרה השני הוא: $\vec{X}_5 = (26,7)$
וקטור המיקום במקרה השלישי הוא: $\vec{X}_5 = (26,14.5)$

ה. וקטור ההעתק הוא ההפרש בין וקטורי המיקום.
במקרה הראשון:

$$\vec{R}_5 = \vec{X}_5 - \vec{X}_4 = (16,12) - (13,10) = (3,2)$$

במקרה השני:

$$\vec{R}_5 = \vec{X}_5 - \vec{X}_4 = (26,7) - (17,6) = (9,1)$$

במקרה השלישי:

$$\vec{R}_5 = \vec{X}_5 - \vec{X}_4 = (26,14.5) - (17,10) = (9,4.5)$$

5. א. אנרגיה קינטית של לווין ניתנת בנוסחה:

$$E_K = \frac{G \cdot M \cdot m}{2 \cdot R}$$

$$\Delta E_K = \frac{G \cdot M \cdot m}{2} \cdot \left[\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1}\right]$$

$$\Delta E_K = \frac{6.67 \cdot 10^{-11} \cdot 6 \cdot 10^{24} \cdot 5000}{2} \cdot \left[\frac{1}{6.4 \cdot 10^6 + 1 \cdot 10^6} - \frac{1}{6.4 \cdot 10^6 + 6 \cdot 10^6}\right]$$

$$\Delta E_K = 5.45 \cdot 10^{10}\ J$$

ב. אנרגיה פוטנציאלית כובדית של לווין ניתנת בנוסחה:

$$U = \frac{-G \cdot M \cdot m}{R}$$

$$\Delta U = G \cdot M \cdot m \cdot \left[\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right]$$

$$\Delta U = 6.67 \cdot 10^{-11} \cdot 6 \cdot 10^{24} \cdot 5000 \cdot \left[\frac{1}{6.4 \cdot 10^6 + 6 \cdot 10^6} - \frac{1}{6.4 \cdot 10^6 + 1 \cdot 10^6}\right]$$

$$\Delta U = -1.1 \cdot 10^{11}\ J$$

ג. עבודת כוח הכובד שווה למינוס שינוי האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית:

$$W_G = -\Delta U_G = 1.1 \cdot 10^{11}\ J$$

ד. עבודת כוח החיכוך היא הגורם לשינוי האנרגיה הכוללת של המערכת:

$$W_f = \Delta E = \Delta E_K + \Delta U = 5.45 \cdot 10^{10} + (-1.1 \cdot 10^{11}) = -5.45 \cdot 10^{10}\ J$$

ה. האנרגיה שהפכה לחום היא הפרש האנרגיות (מינוס עבודת כוח החיכוך)

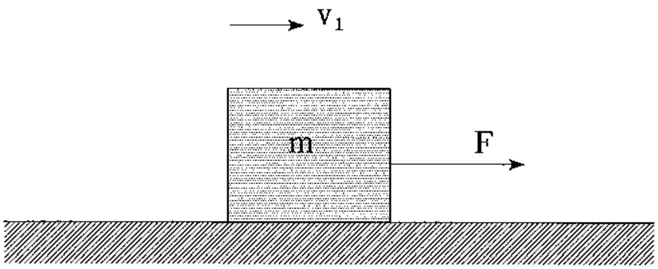
$$Q = -W_f = 5.45 \cdot 10^{10} J$$

מבחן מתכונת מספר 17

משך הבחינה: שעה וחצי
מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה חמש שאלות. מתוכן עליך לענות על שלוש שאלות בלבד.

לכל שאלה - $33\frac{1}{3}$ נקודות. מספר הנקודות לכל סעיף רשום בסופו.

1. כוח אופקי קבוע F מושך גוף שמסתו m על משטח אופקי חלק. לגוף מהירות v_1 לפני תחילת פעולת הכוח.



א. מהי צורת התנועה של הגוף? (3 1/3 נקודות)

ב. מהי המהירות אליה מגיע הגוף לאחר העתק Δx? (5 נקודות)

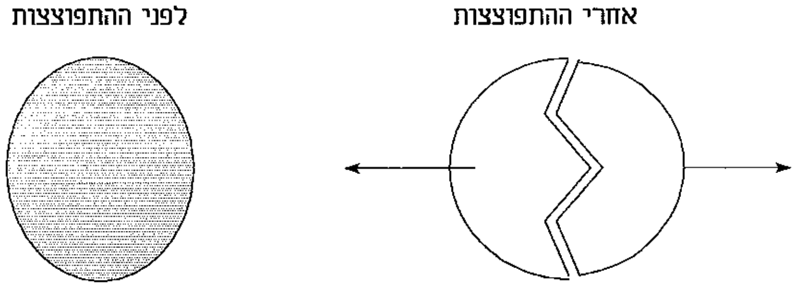
ג. מהי העבודה שעושה הכוח לאורך העתק Δx? (5 נקודות)

ד. מהו שינוי האנרגיה הקינטית של הגוף? (6 נקודות)

ה. מהו הקשר בין התוצאות של סעיפים ג' ו-ד' (הוכח/י)? (6 נקודות)

ו. כיצד היתה משתנה התשובה לסעיף ה' אם היה חיכוך קינטי בין הגוף והמשטח? (8 נקודות)

2. מסה M הנמצאת במנוחה מתפוצצת לשני חלקים שווים. בתהליך הפיצוץ הופכת אנרגיה E שהיתה אגורה במסה לאנרגיה קינטית.



א. האם התנע הקווי הכולל נשמר בהתפוצצות? הסבר/י (4 1/3 נקודות)

ב. האם המהירות של שני החלקים שווה בהכרח בגודלה? הסבר/י (4 נקודות)

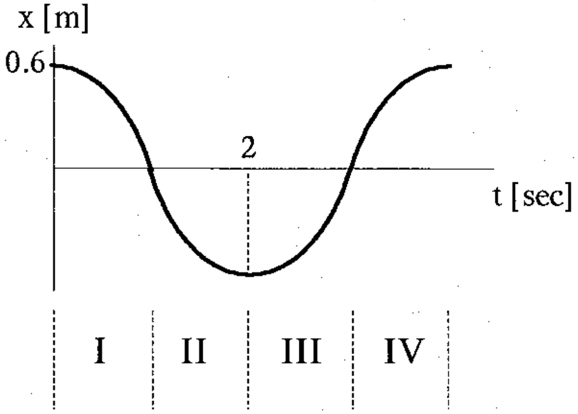
ג. האם המהירות של שני החלקים היא בהכרח על אותו קו? הסבר/י (4 נקודות)

ד. מהי מהירות מרכז המסה לאחר הפיצוץ? (6 נקודות)

ה. מהי המהירות של שני החלקים (בטא/י בעזרת M,E)? (6 נקודות)

ו. כיצד נראה באופן איכותי הגרף המתאר את ריבוע מהירות אחד החלקים כפונקציה של האנרגיה שהשתחררה בפיצוץ? (9 נקודות)

3. נתון גרף המתאר את המיקום ביחס לנקודת שיווי המשקל כפונקציה של הזמן, של גוף הנע בתנועה הרמונית פשוטה.
נחלק את מחזור התנועה הראשון לארבעה חלקים.



א. באיזה חלקים של המחזור הראשון של התנועה:

(I) וקטורי המיקום והמהירות הם באותו הכיוון? (4 1/3 נקודות)

(II) וקטורי המיקום והתאוצה הם באותו הכיוון? (4 נקודות)

(III) וקטורי המהירות והתאוצה הם באותו הכיוון? (4 נקודות)

ב. כמה זמן לאחר תחילת מדידת התנועה:

(I) המהירות מכסימלית? (4 נקודות)

(II) התאוצה מכסימלית וחיובית? (4 נקודות)

ג. מהו הביטוי למיקום הגוף כפונקציה של הזמן? (5 נקודות)

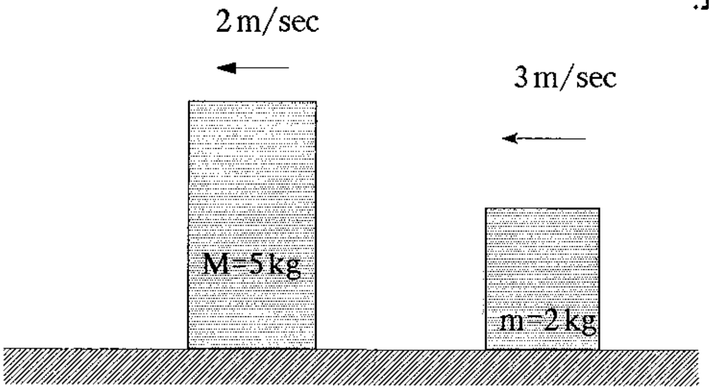
ד. מהו הביטוי למהירות הגוף כפונקציה של הזמן? (4 נקודות)

ה. מהו הביטוי לתאוצת הגוף כפונקציה של הזמן? (4 נקודות)

4. שני גופים בעלי מסות $m=2\,kg$ ו-$M=5\,kg$ נעים זה אחר זה על אותו הקו במהירויות $v_M=2\,m/sec$; $v_m=3\,m/sec$. המשטח עליו נעים הגופים חלק.

כל זמן שהגופים רחוקים זה מזה מרחק גדול מ-$15\,m$ לא מופעל עליהם כוח, ומאותו רגע שמרחקם קטן מ-$15\,m$ פועל ביניהם כוח דחיה קבוע F. הגופים מתקרבים זה לזה עד למרחק הקטן ביותר בין הגופים.

מן הרגע בו המרחק הוא $15\,m$ לרגע בו המרחק הוא x_{min} עוברות 2 שניות.



א. האם ברגע בו הגופים נמצאים במרחק x_{min} זה מזה, אחד הגופים או שניהם במנוחה? הסבר/י (3 1/3 נקודות)

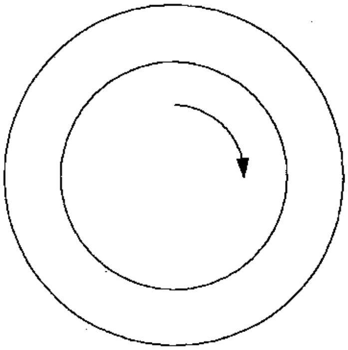
ב. מהי מהירות כל אחד מהגופים כאשר המרחק הוא x_{min}? (6 נקודות)

ג. מהו הכוח F הפועל בין הגופים? (6 נקודות)

ד. מהו המרחק המינימלי בין הגופים? (9 נקודות)

ה. מהי מהירות הגופים לאחר הפסקת פעולת הכוח? (9 נקודות)

5. תחנת חלל מתוכננת כך שאנשים יוכלו ללכת בה ולהרגיש כאילו פועל עליהם כוח משיכה. ההרגשה נוצרת בגלל סיבוב התחנה סביב ציר סיבוב במרכזה.



א. הסבר/י היכן צריכים האנשים לעמוד כדי להרגיש "כאילו" פועל עליהם כוח משיכה. (5 1/3 נקודות)

ב. האם הכוח הפועל על האנשים הוא כלפי מרכז הסיבוב או כלפי חוץ? הסבר/י (6 נקודות)

ג. האם חייב להיות חיכוך עם רצפת התחנה כדי שניתן יהיה ללכת על רצפת התחנה? הסבר/י (7 נקודות)

ד. האם גם על גופים באוויר בתוך תחנת החלל יופעל כוח "כאילו" כוח משיכה? (8 נקודות)

ה. אם הרדיוס החיצוני של החללית הוא $20\,m$, מה צריכה להיות תדירות הסיבוב שלה כדי שהאנשים ירגישו תאוצת כובד כמו על פני כדור הארץ? (7 נקודות)

בהצלחה!!!

תשובות סופיות – מבחן מתכונת מספר 17

שאלה מספר 1

א. הגוף ינוע בתנועה שוות תאוצה.

ב. $v = \sqrt{v_1^2 + \frac{2 \cdot F \cdot \Delta x}{m}}$

ג. $W = F \cdot \Delta x$

ד. $\Delta E_K = F \cdot \Delta x$

ה. העבודה שנעשתה על הגוף גרמה לשינוי האנרגיה הקינטית שלו.

ו. אם היה חיכוך חלק מעבודת הכוח היתה הופכת לחום.

שאלה מספר 2

א. התנע הקווי הכולל נשמר.

ב. כן.

ג. כן.

ד. מהירות מרכז המסה תשאר אפס לאחר ההתפוצצות.

ה. $v = \sqrt{\frac{2 \cdot E}{M}}$

ו. שיפוע הקו הוא: $\frac{2}{M}$

שאלה מספר 3

א. (I) שליליים שניהם בחלק השני של התנועה
חיוביים שניהם בחלק הרביעי של התנועה

(II) תמיד הפוכים בכיוונם.

(III) שליליים שניהם בקטע הראשון של התנועה
חיוביים שניהם בקטע השלישי של התנועה

ב. (I) 1 sec לאחר תחילת התנועה
(II) 2 sec לאחר תחילת התנועה

ג. $x = 0.6 \cdot \cos\left(\frac{\pi}{2} \cdot t\right)$

ד. $v = -\pi \cdot 0.3 \cdot \sin\left(\frac{\pi}{2} \cdot t\right)$

ה. $a = -\pi^2 \cdot 0.15 \cdot \cos\left(\frac{\pi}{2} \cdot t\right)$

שאלה מספר 4

א. לא. התנע הקווי הכולל לא יהיה אפס ברגע זה.

ב. $v_{C.M.} = 2.29 \ \frac{m}{sec}$

ג. $F = 5 \cdot 0.14 = 0.71 \ N$

ד. $\Delta X = 13.99 \ m$

ה. $u_1 = 2.57 \ \frac{m}{sec} \ ; \ u_2 = 1.57 \ \frac{m}{sec}$

שאלה מספר 5

א. האנשים צריכים לעמוד על החלק הרחוק של תחנת החלל.
הכוח היחיד הפועל עליהם הוא הכוח הנורמלי המספק את הכוח הצנטריפטלי.

ב. הכוח הוא כלפי מרכז הסיבוב.

ג. כן. חייב להיות חיכוך.

ד. לא. אם גוף יעזב הוא ישאר במקום ביחס לנקודה מחוץ לתחנה.

ה. $f = 0.11 \ Hz$

תשובות מלאות - מבחן מתכונת מספר 17

1. א. הגוף ינוע בתנועה שוות תאוצה.

ב. מכיוון שהתאוצה קבועה:

$$\Sigma F = m \cdot a$$

$$F = m \cdot a \implies a = \frac{F}{m}$$

$$v^2 = v_0^2 + 2 \cdot a \cdot \Delta x$$

$$v = \sqrt{v_1^2 + \frac{2 \cdot F \cdot \Delta x}{m}}$$

ג. לפי הגדרת העבודה:

$$W = F \cdot \Delta x \cdot \cos(\alpha)$$

מאחר וכיוון הכוח הוא כיוון ההתקדמות:

$$W = F \cdot \Delta x$$

ד.

$$\Delta E_K = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 - \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_1^2 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot (v^2 - v_1^2)$$

$$\Delta E_K = \frac{1}{2} \cdot m \cdot \frac{2 \cdot F \cdot \Delta x}{m} = F \cdot \Delta x$$

ה. הביטויים שווים כמובן מאחר והעבודה שנעשתה על הגוף גרמה לשינוי האנרגיה הקינטית שלו.

ו. אם היה חיכוך אז חלק מעבודת הכוח היתה הופכת לחום והביטוי לשינוי באנרגיה הקינטית היה קטן מהביטוי לעבודת הכוח. ההפרש היה עבודת כוח החיכוך.

---

2. א. התנע הקווי הכולל נשמר בהתפוצצות מאחר ולא פעלו בזמן ההתפוצצות כוחות חיצוניים.

ב. כן. מאחר והמסות זהות רק אם המהירות תהיה זהה בגודלה יהיה התנע הכללי שווה לאפס.

ג. כן. מאחר ואם המהירויות לא יהיו על אותו הקו יווצר תנע קווי שקול בכיוון מסוים שלא יתבטל.

ד. מהירות מרכז המסה היתה אפס לפני ההתפוצצות והיא תשאר אפס לאחר ההתפוצצות.

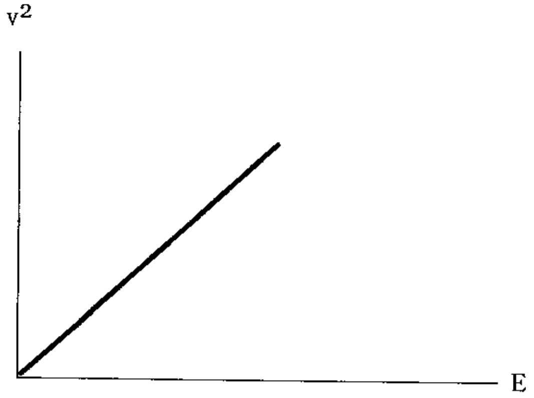
ה. האנרגיה הקינטית של שני החלקים זהה:

$$E = 2\cdot\left[\frac{1}{2}\cdot m\cdot v^2\right] \implies v = \sqrt{\frac{E}{m}}$$

$$m = \frac{M}{2}$$

$$v = \sqrt{\frac{2\cdot E}{M}}$$

ו. מן הקשר שמצאנו בסעיף הקודם, הגרף הוא:



שיפוע הקו הוא: $\frac{2}{M}$

3. א. (I) וקטורי המיקום והמהירות שלילים שניהם בחלק השני של התנועה (הגוף מתרחק מנקודת שיווי המשקל בכיוון השלילי)
וקטורי המיקום והמהירות חיוביים שניהם בחלק הרביעי של התנועה (הגוף מתרחק מנקודת שיווי המשקל בכיוון החיובי)

(II) וקטורי המיקום והתאוצה הם תמיד הפוכים בכיוונם.

(III) וקטורי התאוצה והמהירות שליליים שניהם בקטע הראשון של התנועה (הגוף מתקרב אל נקודת שיווי המשקל מן השיא החיובי)
וקטורי התאוצה והמהירות חיוביים שניהם בקטע השלישי של התנועה (הגוף מתקרב אל נקודת שיווי המשקל מן השיא השלילי)

ב. (I) המהירות מכסימלית 1 sec לאחר תחילת התנועה כאשר הגוף חוצה לראשונה את נקודת שיווי המשקל.
(II) התאוצה מכסימלית וחיובית לאחר 2 sec של תנועה כאשר הגוף מגיע לנקודת השיא השלילית.

ג. מן הגרף: $A = 0.6\ m\ ;\ T = 4\ sec$

$$\omega = \frac{2\cdot\pi}{T} = \frac{2\cdot\pi}{4} = \frac{\pi}{2}$$

ההעתק ההתחלתי הוא מכסימלי והולך וקטן, ולכן הפונקציה המתארת אותו היא פונקצית ה- cos.

$$x = A\cdot\cos(\omega\cdot t) = 0.6\cdot\cos\left(\frac{\pi}{2}\cdot t\right)$$

ד. המהירות ההתחלתית אפס והיא שלילית עם תחילת התנועה.
הפונקציה המתארת אותה היא: sin−

$$v = -\omega\cdot A\cdot\sin(\omega\cdot t) = -\frac{\pi}{2}\cdot 0.6\cdot\sin\left(\frac{\pi}{2}\cdot t\right) = -\pi\cdot 0.3\cdot\sin\left(\frac{\pi}{2}\cdot t\right)$$

ה. התאוצה ההתחלתית מכסימלית והיא הופכת שלילית עם תחילת התנועה. הפונקציה המתארת אותה היא: cos−

$$a = -\omega^2\cdot A\cdot\cos(\omega\cdot t) = -\frac{\pi^2}{4}\cdot 0.6\cdot\cos\left(\frac{\pi}{2}\cdot t\right) = -\pi^2\cdot 0.15\cdot\cos\left(\frac{\pi}{2}\cdot t\right)$$

4. א. לא. כאשר המרחק הוא המרחק המינימלי המהירות של שני הגופים היא זהה. מאחר והתנע הקווי הכולל (או מהירות מרכז המסה) לא היה אפס, הוא גם לא יהיה אפס ברגע זה.

ב. נחשב את מהירות מרכז המסה:

$$v_{C.M.} = \frac{m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2}{m_1 + m_2} = \frac{5 \cdot 2 + 2 \cdot 3}{5 + 2} = 2.29\ \frac{m}{sec}$$

כאשר הגופים נמצאים במרחק המינימלי ומהירותם זהה, היא שווה למהירות מרכז המסה.

ג. נסתכל על המסה M. היא מאיצה ממהירות $2\ \frac{m}{sec}$ למהירות $2.29\ \frac{m}{sec}$ במשך 2 sec. נמצא את התאוצה:

$$v = v_0 + a \cdot t \implies a = \frac{v - v_0}{t} = \frac{2.29 - 2}{2} = 0.14\ \frac{m}{sec^2}$$

$$\Sigma F = m \cdot a$$
$$F = 5 \cdot 0.14 = 0.71\ N$$

ד. המרחק שעוברת המסה M הוא:

$$\Delta x = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 = 2 \cdot 2 + \frac{1}{2} \cdot 0.14 \cdot 2^2 = 4.28\ m$$

כדי למצוא את המרחק שעוברת המסה m נמצא את תאוטתה:

$$v = v_0 + a \cdot t \implies a = \frac{v - v_0}{t} = \frac{2.29 - 3}{2} = -0.355\ \frac{m}{sec^2}$$

$$\Delta x = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 = 3 \cdot 2 + \frac{1}{2} \cdot (-0.355) \cdot 2^2 = 5.29\ m$$

מאחר וההפרש המקורי ביניהם הוא 15 m המרחק המינימלי יהיה:

$$\Delta X = 4.28 + 15 - 5.29 = 13.99\ m$$

ה. לאחר הפסקת פעולת הכוח לא אבדה אנרגיה ולכן ניתן להסתכל על ההתנגשות כהתנגשות אלסטית:

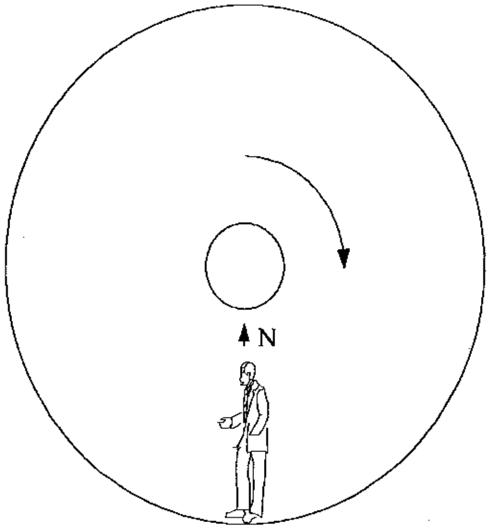
$m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 = m_1 \cdot u_1 + m_2 \cdot u_2$
$5 \cdot 2 + 2 \cdot 3 = 5 \cdot u_1 + 2 \cdot u_2$
$16 = 5 \cdot u_1 + 2 \cdot u_2$

$v_1 - v_2 = u_2 - u_1$
$2 - 3 = u_2 - u_1$
$-1 = u_2 - u_1$

נציב משוואה במשוואה ונקבל: $16 = 5 \cdot u_1 + 2 \cdot (u_1 - 1)$
$16 = 5 \cdot u_1 + 2 \cdot u_1 - 2$
$u_1 = \frac{18}{7} = 2.57 \frac{m}{sec}$

$u_2 = u_1 - 1 = 2.57 - 1 = 1.57 \frac{m}{sec}$

5. א. האנשים צריכים לעמוד על החלק הרחוק של תחנת החלל:



הכוח היחיד הפועל עליהם הוא הכוח הנורמלי המספק את הכוח הצנטריפטלי.

ב. הכוח הוא, כמובן, כלפי מרכז הסיבוב כדי לספק את הכוח הצנטריפטלי. הכוח כלפי חוץ – הכוח הצנטריפוגלי הוא כוח מדומה המורגש מתוך המערכת המסתובבת.

ג. כן. חייב להיות חיכוך. אחרת לא תיתכן תנועה על הריצפה. (דרך אגב, גם על הקרקע זה נכון. ללא חיכוך אי אפשר ללכת)

ד. לא. אם גוף יעזב הוא ישאר במקום ביחס לנקודה מחוץ לתחנה, ויזרק לדפנות ביחס לאדם בתוך התחנה. הסיבה היא שאין שום כוח הפועל על הגוף, ועל פי החוק הראשון של ניוטון הוא נע במהירות קבועה בקו ישר.

ה. התאוצה הצנטרופטלית היא:

$$a = \omega^2 \cdot R$$

$$a = 4 \cdot \pi^2 \cdot f^2 \cdot R$$

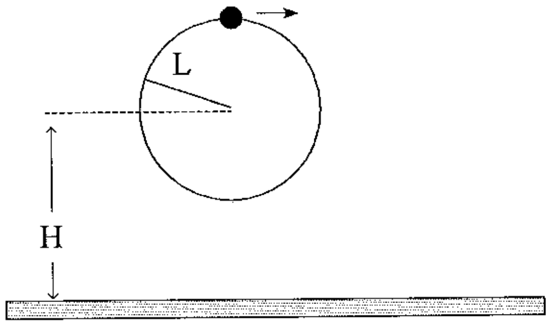
$$f = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{a}{R}} = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{10}{20}} = 0.11 \text{ Hz}$$

מבחן מתכונת מספר 18

משך הבחינה: שעה וחצי
מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה חמש שאלות. מתוכן עליך לענות על שלוש שאלות בלבד.

לכל שאלה - $33\frac{1}{3}$ נקודות. מספר הנקודות לכל סעיף רשום בסופו.

1. כדור שמסתו m נע במעגל אנכי כשהוא קשור בחוט שאורכו L. גובה מרכז הסיבוב מן הרצפה הוא H. נותנים לכדור מהירות התחלתית v_0 בנקודה העליונה. החוט נקרע בנקודה התחתונה.



א. תאר/י במילים את צורת התנועה של הגוף לאחר קריעת החוט. (4 נקודות)

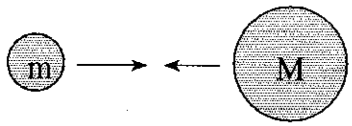
ב. מהי המתיחות המכסימלית של החוט? (8 נקודות)

ג. כמה זמן לאחר קריעת החוט יגיע הכדור לרצפה? (8 1/3 נקודות)

ד. מהו המרחק האופקי בין נקודת הקריעה ונקודת הפגיעה בקרקע במקרה זה? (8 נקודות)

ה. אם המהירות היתה קטנה מ-v_0 , האם החוט היה נקרע בנקודה כלשהי? הסבר/י (5 נקודות)

2. מסה עצומה M ומסה קטנה מאד m נעות זו לעומת זו במהירות שגודלה זהה וכיוונה מנוגד ומתנגשות בהתנגשות מצחית פלסטית. $(m<<M)$



א. על מי משתי המסות פועל כוח גדול יותר בזמן ההתנגשות? הסבר/י (4 1/3 נקודות)

ב. על מי משתי המסות פועל מיתקף גדול יותר בזמן ההתנגשות? הסבר/י (4 נקודות)

ג. האם משתנה התנע הקווי של כל אחת מהמסות כתוצאה מן ההתנגשות? הסבר/י (5 נקודות)

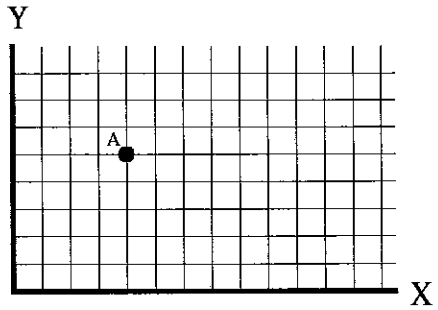
ד. האם משתנה התנע הקווי הכללי של המערכת כתוצאה מן ההתנגשות? הסבר/י (5 נקודות)

ה. האם משתנה מהירות מרכז המסה כתוצאה מן ההתנגשות? הסבר/י (5 נקודות)

ו. האם משתנה האנרגיה הקינטית של המערכת כתוצאה מן ההתנגשות? הסבר/י (5 נקודות)

ז. האם הופכת אנרגיה מכנית לחום במהלך ההתנגשות? הסבר/י (5 נקודות)

3. גוף נע על משטח שהמיקום עליו מצויין ביחס לשני צירים X ו-Y.
ברגע t=0 היה הגוף בנקודה A(4,5).
את המהירות הממוצעת בשתי השניות הבאות ניתן לתאר על ידי שיעורי ה-X וה-Y שלה בצורה הבאה: $\bar{v} = \bar{v}(4,2)$



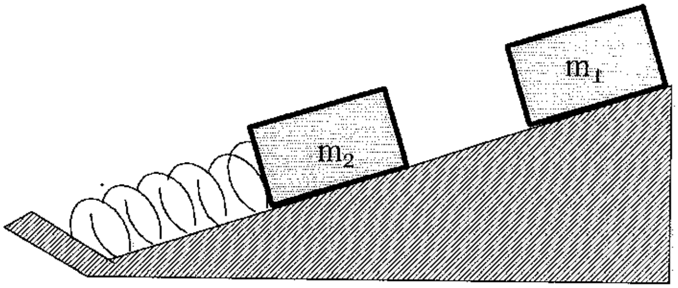
א. מהו וקטור (גודל וכיוון) ההעתק של הגוף במשך שתי השניות? חשב/י ושרטט/י (8 נקודות)

ב. מהו וקטור המיקום של הגוף לאחר 2sec ? חשב/י ושרטט/י (8 נקודות)

ג. מהו וקטור המיקום של הגוף לאחר 4sec אם ידוע שווקטור התאוצה הוא a(0,0) מתחילת התנועה? חשב/י ושרטט/י (9 נקודות)

ד. מהו וקטור המהירות הממוצעת בארבע השניות הראשונות של התנועה אם ידוע שהגוף חזר לאחר זמן זה לנקודה A? (8 1/3 נקודות)

4. מסה m_1 מחליקה ממנוחה מראש מישור משופע חלק, מתנגשת במסה שניה m_2 המחוברת לקפיץ ונדבקת אליה.



א. מהם גלגולי האנרגיה מהרגע בו שוחררה המסה m_1 ועד לפעם הראשונה שהקפיץ מכווץ מכסימום? (4 1/3 נקודות)

ב. מהן גלגולי האנרגיה מן הרגע בו הקפיץ מכווץ מכסימום ועד לרגע שהקפיץ מתוח מכסימום? (4 נקודות)

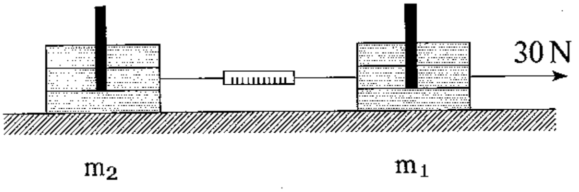
ג. מהם הכוחות הפועלים על המסות בזמן תנועתן בקטע התנועה המתואר בסעיף ב'? (5 נקודות)

ד. האם מתקיים חוק שימור האנרגיה המכנית בזמן התנועה המתוארת בסעיף ב' למרות כל הכוחות הפועלים על המסות? הסבר/י (6 נקודות)

ה. כיצד היו משתנות התשובות לסעיפים א'-ד' אם היה חיכוך? (8 נקודות)

ו. מהו ההבדל בין תנועה ללא חיכוך לתנועה עם חיכוך לאורך זמן? (6 נקודות)

5. מסה נמשכת על ידי כוח קבוע של 30N. המסה קשורה דרך דינמומטר (המודד את המתיחות בחוט) למסה שניה. המסות ניצבות על משטח חלק.
עורכים ניסוי ובו מעבירים חלק של מסה מן המסה הראשונה לשניה ומודדים את המתיחות בחוט. בתחילת הניסוי היתה המסה m_1 מסה של 5 kg.



התקבלו התוצאות הבאות:

m_2 [kg]	T [N]
1	5
2	10
3	15
4	20
5	25

א. מהו הקשר המתמטי בין המתיחות והמסה? (5 נקודות)

ב. מדוע הועברה מסה מהגוף הראשון לשני? (8 נקודות)

ג. מהם הערכים שנבחר לצירים כדי לשרטט גרף לינארי? (5 נקודות)

ד. שרטט/י את הגרף ומצא/י ממנו מהי תאוצת המערכת. (5 נקודות)

ה. כיצד היו משתנות התוצאות אם היה חיכוך? (5 נקודות)

ו. כיצד היו משתנות התוצאות אם הניסוי היה נעשה על הירח? (5 1/3 נקודות)

בהצלחה!!!

תשובות סופיות – מבחן מתכונת מספר 18

שאלה מספר 1

א. הגוף ינוע בזריקה אופקית.

ב. $T = 5 \cdot m \cdot g + m \cdot \frac{v_0^2}{L}$

ג. $t = \sqrt{\frac{2 \cdot (H - L)}{g}}$

ד. $x = \sqrt{v_0^2 + 2 \cdot g \cdot 2L} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot (H - L)}{g}}$

ה. אם החוט לא ניתק בתחתית המסלול הוא לא ינתק כלל.

שאלה מספר 2

א. על שתי המסות פועל כוח זהה.

ב. על שתי המסות פועל מיתקף זהה.

ג. כן. התנע הקווי של כל מסה משתנה.

ד. לא. התנע הכללי לא משתנה.

ה. לא. מהירות מרכז המסה לא משתנה.

ו. כן. אנרגיה קינטית אובדת.

ז. כן. חלק מן האנרגיה הקינטית שאבדה הופכת לחום.

שאלה מספר 3

א. $\vec{R}_2(x,y) = \vec{R}(8,4)$

ב. $\vec{X}_2(x,y) = \vec{X}_2(12,9)$

ג. $R_4(x,y) = \vec{R}_4(16,8)$

$\vec{X}_4(x,y) = \vec{X}_2(20,14)$

ד. המהירות הממוצעת שווה לאפס.

שאלה מספר 4

א. ברגע בו המסה m_1 משוחררת, האנרגיה היא פוטנציאלית כובדית בלבד וערכה תלוי במישור היחוס שנבחר.
בזמן ירידת המסה הופכת אנרגיה פוטנציאלית כובדית לאנרגיה קינטית, עד לפגיעה במסה m_2.
ברגע ההתנגשות, מאחר וההתנגשות פלסטית, אובדת חלק מן האנרגיה הקינטית (לחום ושינויי צורה)
האנרגיה הקינטית שנותרת והאנרגיה הפוטנציאלית הכובדית הופכות לאנרגיה פוטנציאלית אלסטית.

ב. ברגע בו הקפיץ מכווץ מכסימום כל האנרגיה היא אנרגיה פוטנציאלית אלסטית (בהנחה שנקודה זו נבחרה כמישור היחוס לאנרגיה הפוטנציאלית הכובדית). הגוף מתחיל לעלות והאנרגיה הפוטנציאלית האלסטית מתחילה להפוך לאנרגיה פוטנציאלית כובדית ואנרגיה קינטית. שיא האנרגיה הקינטית הוא בנקודת שיווי המשקל. מנקודה זו האנרגיה הקינטית הולכת וקטנה, בעוד האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית ממשיכה לגדול. בנקודה בה הקפיץ מתוח מכסימום האנרגיה הקינטית מתאפסת.

ד. כן. הכוח הנורמלי לא מבצע עבודה כי הוא מאונך לתנועה.
עבודת המשקל מבוטאת דרך שינוי האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית.
עבודת כוח הקפיץ מבוטאת דרך שינוי האנרגיה הפוטנציאלית האלסטית.

ה. במהלך ירידת הגוף היתה אובדת אנרגיה לחיכוך כך שסך האנרגיה לפני ההתנגשות היה קטן יותר. תהליך ההתנגשות עצמו היה ללא שינוי. בזמן התכווצות הקפיץ היתה שוב הופכת אנרגיה לחום.

גם בזמן העליה למצב בו הקפיץ מתוח היתה הופכת אנרגיה לחום.
האנרגיה המכנית הכוללת לא נשמרת.

ו. התנועה ללא חיכוך היא תנועה שתמשך עד אין סוף. התנועה עם חיכוך הולכת ודועכת. המשרעת הולכת וקטנה עד שהגוף יעצר.

שאלה מספר 5

א. $T = m_1 \cdot a$

ב. $a = \dfrac{F}{m_1 + m_2}$

ג. נשרטט את T כפונקציה של m_2.

ד. $a = 5\,\dfrac{m}{sec^2}$

ה. $T = f + m_2 \cdot a$

ו. ביצוע הניסוי על הירח לא היה משנה דבר.

תשובות מלאות - מבחן מתכונת מספר 18

1. א. הגוף ינוע בזריקה אופקית, כאשר מהירות הזריקה היא המהירות בה ניתק החוט.

ב. המתיחות המכסימלית היא ברגע הקריעה.
נמצא את המהירות ברגע הקריעה משיקולי אנרגיה.
נסמן את שיא הגובה ב-1 ואת נקודת הקריעה ב-2.
נבחר את מישור היחוס בנקודת הקריעה.

$$E_1 = E_2$$

$$m \cdot g \cdot h_1 + \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_1^2 = m \cdot g \cdot h_2 + \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_2^2$$

$$v_2^2 = v_1^2 + 2 \cdot g \cdot (h_2 - h_1) = v_0^2 + 2 \cdot g \cdot 2L$$

תרשים הכוחות בנקודת הקריעה הוא:

$$T - m \cdot g = m \cdot \frac{v^2}{R}$$

מכאן:

$$T = m \cdot g + m \cdot \frac{v_0^2 + 2 \cdot g \cdot 2L}{L}$$

$$T = 5 \cdot m \cdot g + m \cdot \frac{v_0^2}{L}$$

ג. זמן התנועה באויר נקבע על פי התנועה בציר Y.
בציר זה הנפילה חופשית:

$$y = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \quad \Longrightarrow \quad t = \sqrt{\frac{2 \cdot y}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot (H - L)}{g}}$$

ד. המרחק האופקי הוא:

$$x = v \cdot t = \sqrt{v_0^2 + 2 \cdot g \cdot 2L} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot (H - L)}{g}}$$

ה. אם החוט לא ניתק בתחתית המסלול הוא לא ינתק כלל, כי המתיחות המכסימלית היא בתחתית המסלול בו המהירות מכסימלית.

2. א. על שתי המסות פועל כוח זהה, על פי החוק השלישי של ניוטון – חוק הפעולה והתגובה.

ב. על שתי המסות פועל מיתקף זהה. הכוח הפועל זהה וזמן הפעולה זהה, כך שהמיתקף הפועל על שתי המסות זהה בגודלו והפוך בכיוונו.

ג. כן. התנע הקווי של כל מסה משתנה מאחר ופועל עליה מתקף.

ד. לא. התנע הכללי לא משתנה מאחר ולא פועלים כוחות חיצוניים. או, מנקודת ראות אחרת – כי המתקף הפועל על מסה אחת שווה בגודלו והפוך בכיוונו למתקף הפועל על המסה השניה, כך שסך כל שינוי התנע שווה לאפס.

ה. לא. מהירות מרכז המסה לא משתנה, כי לא פועלים על המסות כוחות חיצוניים.

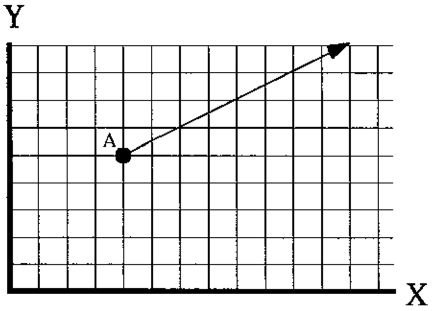
ו. כן. אנרגיה קינטית אובדת מאחר וההתנגשות היא התנגשות פלסטית.

ז. כן. חלק מן האנרגיה הקינטית שאבדה הופכת לחום. (חלק מן האנרגיה הקינטית גורם גם לשינויי צורה של הגופים).

3. א. ווקטור ההעתק שווה בכיוונו לווקטור המהירות הממוצעת.
מאחר והזמן הוא של שתי שניות צריך להכפיל את ווקטור המהירות בזמן כדי לקבל את ווקטור ההעתק:

$\vec{R} = \vec{v} \cdot t$

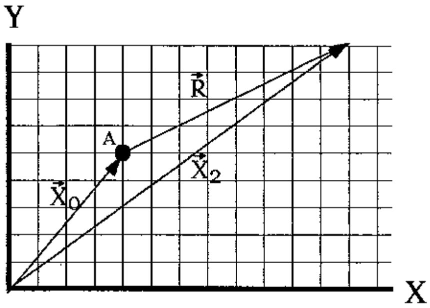
$\vec{R}_2(x,y) = \vec{v}(4,2) \cdot 2 = \vec{R}(8,4)$



ב. ווקטור המיקום הוא הסכום הווקטורי של ווקטור המיקום ווקטור ההעתק:

$\vec{X}_2 = \vec{X}_0 + \vec{R}$

$\vec{X}_2(x,y) = \vec{X}_0(4,5) + \vec{R}_2(8,4) = \vec{X}_2(12,9)$



ג. אם ווקטור התאוצה שווה לאפס המהירות נשארת קבועה:

$\vec{R}_4(x,y) = \vec{v}(4,2) \cdot 4 = \vec{R}_4(16,8)$

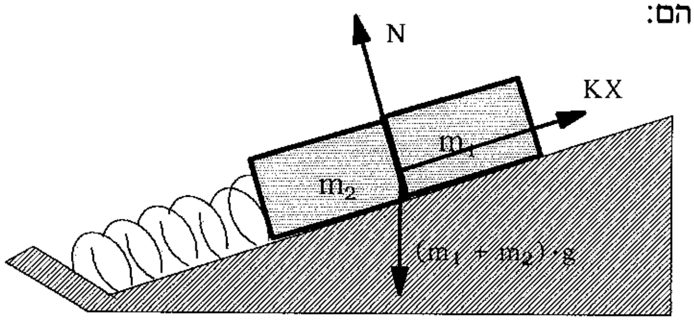
$\vec{X}_4(x,y) = \vec{X}_0(4,5) + \vec{R}_4(16,8) = \vec{X}_2(20,14)$

ד. אם ההעתק הכולל שווה לאפס, אז המהירות הממוצעת שווה לאפס מאחר ועל פי הגדרה, המהירות הממוצעת היא ההעתק הכולל ליחידת זמן.

4. א. ברגע בו המסה m_1 משוחררת, האנרגיה היא פוטנציאלית כובדית בלבד וערכה תלוי במישור היחוס שנבחר.
בזמן ירידת המסה הופכת אנרגיה פוטנציאלית כובדית לאנרגיה קינטית, עד לפגיעה במסה m_2.
ברגע ההתנגשות, מאחר וההתנגשות פלסטית, אובדת חלק מן האנרגיה הקינטית (לחום ושינויי צורה)
האנרגיה הקינטית שנותרת והאנרגיה הפוטנציאלית הכובדית הופכות לאנרגיה פוטנציאלית אלסטית.

ב. ברגע בו הקפיץ מכווץ מכסימום כל האנרגיה היא אנרגיה פוטנציאלית אלסטית (בהנחה שנקודה זו נבחרה כמישור היחוס לאנרגיה הפוטנציאלית הכובדית). הגוף מתחיל לעלות והאנרגיה הפוטנציאלית האלסטית מתחילה להפוך לאנרגיה פוטנציאלית כובדית ואנרגיה קינטית. שיא האנרגיה הקינטית הוא בנקודת שיווי המשקל. מנקודה זו האנרגיה הקינטית הולכת וקטנה, בעוד האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית ממשיכה לגדול. בנקודה בה הקפיץ מתוח מכסימום האנרגיה הקינטית מתאפסת.

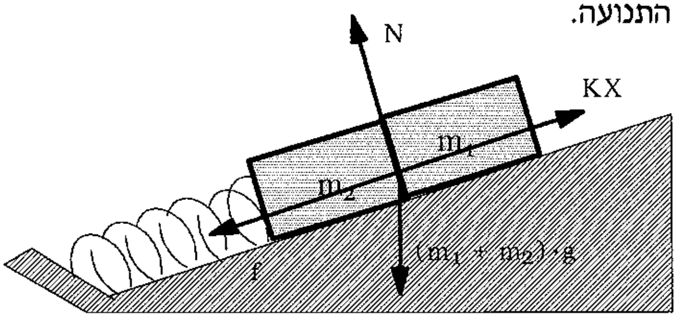
ג. מאחר ואנחנו מסתכלים על גופים כגוף נקודתי (היינו לא לוקחים בחשבון מומנטים הפועלים עליהם) נתייחס עכשיו למסה אחת שהיא סכום המסות. הכוחות הפועלים על המסות הם:



ד. כן. הכוח הנורמלי לא מבצע עבודה כי הוא מאונך לתנועה.
עבודת המשקל מבוטאת דרך שינוי האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית.

עבודת כוח הקפיץ מבוטאת דרך שינוי האנרגיה הפוטנציאלית האלסטית.

ה. במהלך ירידת הגוף היתה אובדת אנרגיה לחיכוך כך שסך האנרגיה לפני ההתנגשות היה קטן יותר. תהליך ההתנגשות עצמו היה ללא שינוי. בזמן התכווצות הקפיץ היתה שוב הופכת אנרגיה לחום.
גם בזמן העליה למצב בו הקפיץ מתוח היתה הופכת אנרגיה לחום.
לרשימת הכוחות היה נוסף כוח החיכוך בכיוון הפוך לכיוון התנועה.



לכוח זה אי אפשר להגדיר אנרגיה פוטנציאלית (כי הוא לא כוח משמר) ולכן האנרגיה המכנית הכוללת לא נשמרת.

ו. התנועה ללא חיכוך היא תנועה שתמשך עד אין סוף. התנועה עם חיכוך הולכת ודועכת. המשרעת הולכת וקטנה עד שהגוף יעצר.

5. א. הכוח על המסה m_2 הוא המתיחות בחוט, ולכן:

$$\Sigma F = m\cdot a$$
$$T = m_1\cdot a$$

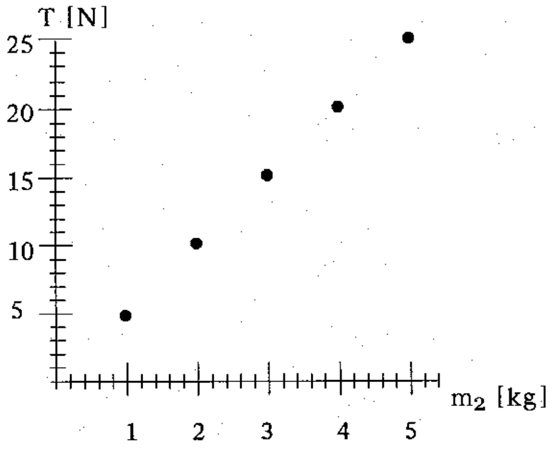
ב. הועברה מסה מהמסה m_2 למסה m_1 כדי לשמור את המסה הכוללת קבועה ועל ידי כך לשמור את בתאוצה קבועה.
התאוצה של המסות היא קבועה.

$$\Sigma F = m\cdot a$$

$$F = (m_1 + m_2)\cdot a \quad \Rightarrow \quad a = \frac{F}{m_1 + m_2}$$

ג. נשרטט את T כפונקציה של m_2.

ד.



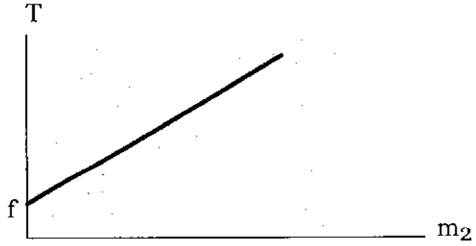
$$a = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{25 - 5}{5 - 1} = 5\ \frac{m}{sec^2}$$

ה. אם היה חיכוך התאוצה היתה עדיין קבועה, אם כי קטנה יותר. הכוח השקול הפועל על המסה m_2 היה:

$\Sigma F = m \cdot a$

$T - f = m \cdot a \implies T = f + m_2 \cdot a$

כך ששרטוט גרף זהה של T כפונקציה של m_2 היה קו ישר ששיפועו הוא התאוצה a, אבל הקו לא היה חותך את ראשית הצירים אלא חותך את ציר ה-Y בנקודה T=f.



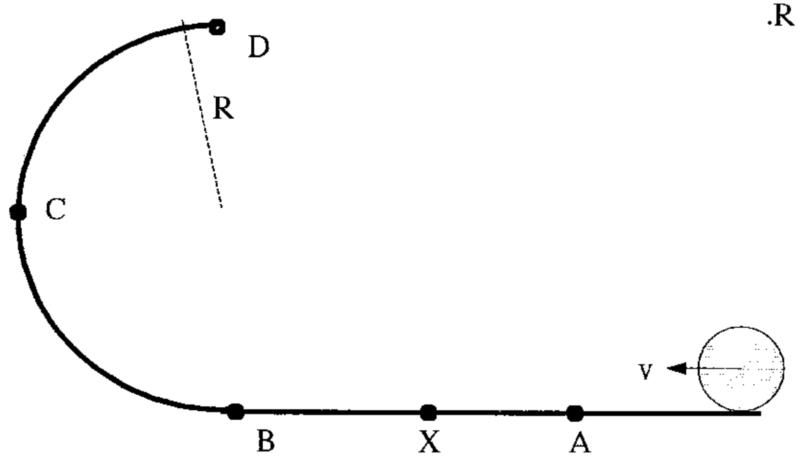
ו. ביצוע הניסוי על הירח לא היה משנה דבר.
(לעומת זאת ביצוע הניסוי עם חיכוך על הירח כן היה משנה כי גודל החיכוך תלוי בתאוצת הכובד)

מבחן מתכונת מספר 19

משך הבחינה: שעה וחצי
מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה חמש שאלות. מתוכן עליך לענות על שלוש שאלות בלבד.

לכל שאלה - $33\frac{1}{3}$ נקודות. מספר הנקודות לכל סעיף רשום בסופו.

1. כדור נזרק במהירות v לעבר מסילה חצי מעגלית חלקה שרדיוסה R.



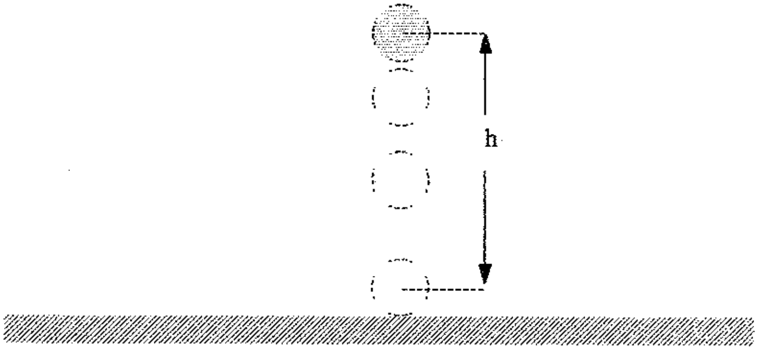
א. מהי המהירות המינימלית v, שתגרום לכדור להגיע לנקודת הקצה העליון של המסילה (D)? (5 1/3 נקודות)

ב. אם הכדור נע במהירות זו, תוך כמה זמן מרגע ההתנתקות מהמסילה יפגע בקרקע? (8 נקודות)

ג. מהו המרחק האופקי בין נקודת תחילת העליה במסלול המעגלי (B) ונקודת הפגיעה בקרקע (X)? (8 נקודות)

ד. מהו הכח בו לוחץ המשטח על הכדור בנקודות A, B, C, D ? (12 נקודות)

2. גוף שמסתו m משוחרר מגובה h ונופל אל הריצפה. התנגדות האוויר f לא זניחה. ההתנגשות בריצפה אלסטית לחלוטין.



א. מהו הכוח השקול הפועל על הגוף בזמן ירידתו?
(5 1/3 נקודות)

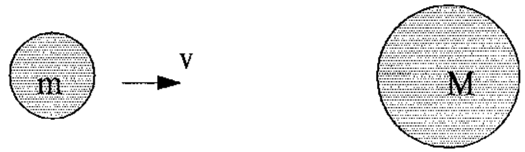
ב. מהו הכוח השקול הפועל על הגוף בזמן עלייתו?
(6 נקודות)

ג. מצא/י ביטוי לגובה המירבי אליו יגיע הגוף. (9 נקודות)

ד. מהי סך כל העבודה שמבצע כוח הכובד על הגוף מרגע השחרור ועד לחזרה הראשונה לגובה המירבי? (8 נקודות)

ה. שרטט גרף של מהירות הגוף כפונקציה של הזמן מרגע השחרור ועד לחזרה הראשונה לגובה המירבי (5 נקודות)

3. מסה m נעה במהירות v ומתנגשת פלסטית במסה M הנמצאת במנוחה.



א. מהי המהירות המשותפת של שני הגופים (בטא/י בעזרת M,m,v)? (3 1/3 נקודות)

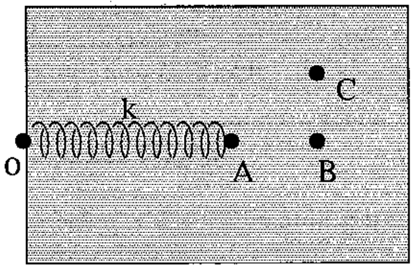
ב. שרטט/י גרף המתאר את התלות של המהירות המשותפת U לאחר ההתנגשות במהירות v של המסה m לפני ההתנגשות. מהו שיפוע הגרף? (9 נקודות)

ג. מהו היחס בין האנרגיה שנשארה במערכת והאנרגיה שהיתה במערכת לפני ההתנגשות (E_2/E_1)? (8 נקודות)

ד. שרטט/י גרף המתאר את התלות בין יחס האנרגיה שנשארה לאחר ההתנגשות והאנרגיה שהיתה לפני ההתנגשות (E_2/E_1) ובין המהירות v של המסה m לפני ההתנגשות. (8 נקודות)

ה. מהו היחס בין התנע הקווי הכולל שנשאר במערכת והתנע הקווי הכולל שהיה במערכת לפני ההתנגשות (P_2/P_1)? (5 נקודות)

4. על שולחן אופקי מונח קפיץ חסר מסה שקבוע הקפיץ שלו 100 N/m. הקפיץ קשור לקצה השמאלי של השולחן (נקודה O).
במצב A הקפיץ מתוח מרחק של 20 cm. המרחק $\overline{OA}$ הוא 90 cm.
כוח אופקי (מקביל לשולחן) מותח את הקפיץ אל הנקודות B ו-C.
מיקום הנקודות:
הנקודה B 30 cm מימין לנקודה A
הנקודה C 25 cm הצידה מנקודה B במאונך לקו $\overline{AB}$



א. בהנחה שהמשטח חסר חיכוך, מהי העבודה שעושה הכוח המושך את הקפיץ בכל אחד מהמסלולים הבאים:
(I) A→B→C (5 נקודות)
(I) A→C→B (5 נקודות)
(I) A→B→A (5 נקודות)

ב. מהי העבודה שמבצע כוח הקפיץ בכל אחד מהמסלולים שתוארו בסעיף א'? (6 נקודות)

ג. במידה והשולחן לא היה חלק ומקדם החיכוך היה ידוע, האם כדי לחשב את עבודת כוח החיכוך צריך נתונים נוספים? (6 נקודות)

ד. מדוע הנתונים הדרושים לחישוב עבודת הקפיץ ועבודת החיכוך הם שונים? (6 1/3 נקודות)

5. טיל נורה מפני כדור הארץ במהירות השווה למחצית ממהירות המילוט מכדור הארץ. כאשר הגיע הטיל לשיא הגובה הוא התפוצץ לשלושה חלקים שווים. האחד הפך ללווין, השני קיבל את מהירות המילוט בכיוון הרדיאלי.

א. האם נשמר התנע הקווי של כל אחד מהחלקים כתוצאה מהפיצוץ? הסבר/י (5 נקודות)

ב. האם נשמר התנע הקווי הכללי של המערכת כתוצאה מהפיצוץ? הסבר/י (5 נקודות)

ג. מהי מהירות החלק שהפך ללווין? (9 נקודות)

ד. מהי מהירות החלק הנמלט, מיד לאחר הפיצוץ? (9 נקודות)

ה. מהו גודל מהירות החלק השלישי מיד לאחר הפיצוץ? (5 1/3 נקודות)

בהצלחה!!!

תשובות סופיות - מבחן מתכונת מספר 19

שאלה מספר 1

א. $v_A = \sqrt{5 \cdot g \cdot R}$

ב. $t = \sqrt{\frac{4 \cdot R}{g}}$

ג. $X = 2 \cdot R$

ד. $N_A = m \cdot g$; $N_B = 6 \cdot m \cdot g$; $N_C = 2 \cdot m \cdot g$; $N_D = 0$

שאלה מספר 2

א. $\Sigma F = m \cdot g - f$

ב. $\Sigma F = -(m \cdot g + f)$

ג. $h' = h \cdot \frac{m \cdot g - f}{m \cdot g + f}$

ד. $W_G = m \cdot g \cdot (h - h')$

ה. זמן הירידה: $t_1 = \sqrt{\frac{2 \cdot h}{g - f/m}}$ זמן העליה: $t_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot h'}{g + f/m}}$

שאלה מספר 3

א. $U = \frac{m}{m + M} \cdot v$

ב. הקו הוא קו ישר ששיפועו הוא $\frac{m}{m + M}$

ג. $\frac{E_2}{E_1} = \frac{m}{m + M}$

ה. $\frac{P_2}{P_1} = 1$

שאלה מספר 4

$W_{a \to C} = 11.82\ J \quad (I)$

$W_{a \to B} = 10.5\ J\ (II)$

$W = 0\ (III)$

ב. עבודת כוח הקפיץ שווה בגודלה והפוכה בכיוונה לעבודת הכוח המושך.

ג. במידה והיה חיכוך הינו צריכים לדעת את המסלול המקשר בין שתי הנקודות .

ד. כוח החיכוך אינו כוח משמר, כוח הקפיץ הוא כוח משמר.

שאלה מספר 5

א. לא. התנע הקווי של כל אחד מהחלקים לא נשמר.

ב. כן. התנע הכולל נשמר.

ג. $v_1 = \sqrt{\frac{3 \cdot g \cdot R_E}{4}}$

ד. $v_2 = \sqrt{\frac{3 \cdot g \cdot R_E}{2}}$

ה. $v = \frac{3}{2} \cdot \sqrt{g \cdot R_E}$

תשובות מלאות - מבחן מתכונת מספר 19

1. א. המהירות המינימלית היא כזו שתגרום לו להינתק בדיוק בשיא הגובה - המהירות הקריטית.

המהירות הקריטית ניתנת בנוסחה: $v = \sqrt{g \cdot R}$

(ההוכחה בספר המכניקה עמוד 318)

מהירות זו היא המהירות בשיא הגובה. נמצא משיקולי אנרגיה את המהירות בתחתית המסלול שתגרום למהירות זו.

$$E_A = E_D$$

$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot v_A^2 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_D^2 + m \cdot g \cdot (2R)$$

$$v_A = \sqrt{v_D^2 + 4 \cdot g \cdot R} = \sqrt{g \cdot R + 4 \cdot g \cdot R} = \sqrt{5 \cdot g \cdot R}$$

ב. הכדור ינוע בתנועה אופקית, כך שזמן התנועה נקבע על ידי נפילה חופשית בציר ה-Y:

$$y = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \implies t = \sqrt{\frac{2 \cdot y}{g}} = \sqrt{\frac{4 \cdot R}{g}}$$

ג. בציר ה-X התנועה היא שוות מהירות, במהירות הקריטית:

$$X = v \cdot t = \sqrt{g \cdot R} \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot R}{g}} = 2 \cdot R$$

ד. בנקודה A הכוח בו פועל המשטח שווה למשקל הגוף:

$$\Sigma F = 0$$

$$N_A - mg = 0 \implies N_A = m \cdot g$$

בנקודה B הגוף מתחיל תנועה מעגלית $(v_B = v_A)$:

$$N_B - m \cdot g = m \cdot \frac{v^2}{R}$$

$$N_B = m \cdot g + m \cdot \frac{v_B^2}{R} = m \cdot g + m \cdot \frac{5 \cdot g \cdot R}{R} = 6 \cdot m \cdot g$$

בנקודה C הגוף מבצע תנועה מעגלית כאשר הכוח הצנטריפטלי הוא הכוח הנורמלי בלבד.
המהירות היא:

$$v_C = \sqrt{v_A^2 - 2 \cdot g \cdot R} = \sqrt{4 \cdot g \cdot R - 2 \cdot g \cdot R} = \sqrt{2 \cdot g \cdot R}$$

$$N_C = m \cdot \frac{v_C^2}{R} = m \cdot \frac{2 \cdot g \cdot R}{R} = 2 \cdot m \cdot g$$

בנקודה D:

$$N_D + m \cdot g = m \cdot \frac{v_D^2}{R}$$

$$N_D = m \cdot \frac{v_D^2}{R} - m \cdot g = m \cdot \frac{g \cdot R}{R} - m \cdot g = 0$$

---

2. א. הכוח השקול הפועל על הגוף הנמצא באוויר, בזמן ירידתו, עקב השפעת התנגדות האויר הפועלת בכיוון הפוך לכיוון הירידה, הוא: $\Sigma F = m \cdot g - f$

ב. כאשר הגוף עולה, כוח התנגדות האורי פועל באותו הכיוון כמו המשקל: $\Sigma F = -(m \cdot g + f)$

ג. הפרש הגבהים, היינו הפרש האנרגיות הפוטנציאליות, נובע מעבודת כוח החיכוך: $\Delta E = W_f$

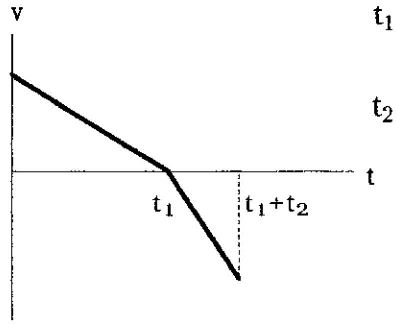
$$m \cdot g \cdot h' - m \cdot g \cdot h = -f \cdot (h + h') \quad \Longrightarrow \quad h' = h \cdot \frac{m \cdot g - f}{m \cdot g + f}$$

ד. העבודה שמבצע כוח הכובד היא חיובית בכיוון מטה ושלילית בכיוון מעלה: $W_G = m \cdot g \cdot (h - h')$

ה. נבחר את הכיוון החיובי כלפי מטה.

זמן הירידה: $t_1 = \sqrt{\frac{2 \cdot h}{a}} = \sqrt{\frac{2 \cdot h}{g - f/m}}$

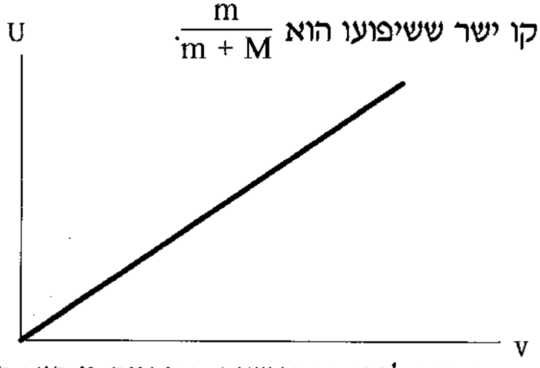
זמן העליה: $t_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot h'}{a}} = \sqrt{\frac{2 \cdot h'}{g + f/m}}$



3. א. מחוק שימור התנע:

$$m\cdot v + M\cdot 0 = (m+M)\cdot U \implies U = \frac{m}{m+M}\cdot v$$

ב. הקו הוא קו ישר ששיפועו הוא $\frac{m}{m+M}$.



ג. נחשב את האנרגיה לפני ההתנגשות. אנרגיה זו היא רק האנרגיה הקינטית של המסה m: $E_1 = \frac{1}{2}\cdot m\cdot v^2$

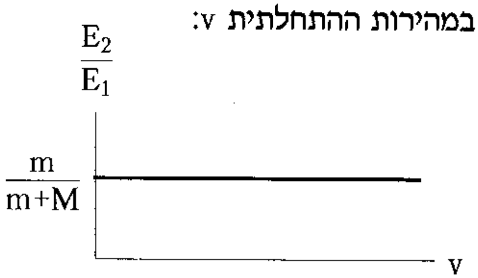
האנרגיה אחרי ההתנגשות הן של שתי המסות הנעות במהירות U:

$$E_2 = \frac{1}{2}\cdot(m+M)\cdot U^2$$

היחס הוא:

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{\frac{1}{2}\cdot(m+M)\cdot U^2}{\frac{1}{2}\cdot m\cdot v^2} = \frac{(m+M)\cdot\left[\frac{m}{m+M}\cdot v\right]^2}{m\cdot v^2} = \frac{m}{m+M}$$

ד. היחס כלל אינו תלוי במהירות ההתחלתית v:



ה. מאחר והתנע הקווי נשמר, היחס הוא: $\frac{P_2}{P_1} = 1$

4. א. מאחר וכוח הקפיץ הוא כוח משמר אין משמעות למסלול. נחשב את הפרש האנרגיות הפוטנציאליות שני המצבים הסופיים.

(I) במצב A:
$$E_A = \frac{1}{2}\cdot k\cdot X_A^2 = \frac{1}{2}\cdot 100\cdot 0.2^2 = 2\ J$$

כדי לחשב את האנרגיה במצב C נחשב כמה הקפיץ מתוח במצב זה:
$$\overline{OC} = \sqrt{\overline{OB}^2 + \overline{BC}^2} = \sqrt{(0.9+0.3)^2 + 0.25^2} = 1.225\ m$$

האורך הטבעי של הקפיץ הוא:
$$X_0 = \overline{OA} - 0.2 = 0.9 - 0.2 = 0.7\ m$$

החלק המתוח במצב C הוא, לכן:
$$X_C = \overline{OC} - X_0 = 1.225 - 0.7 = 0.525\ m$$

האנרגיה במצב C היא:
$$E_C = \frac{1}{2}\cdot k\cdot X_C^2 = \frac{1}{2}\cdot 100\cdot 0.525^2 = 13.82\ J$$
$$W_{a\rightarrow C} = E_C - E_A = 13.82 - 2 = 11.82\ J$$

(II) במצב B:
$$E_B = \frac{1}{2}\cdot k\cdot X_B^2 = \frac{1}{2}\cdot 100\cdot 0.5^2 = 12.5\ J$$
$$W_{a\rightarrow B} = E_B - E_A = 12.5 - 2 = 10.5\ J$$

(III) במצב השלישי המסלול הוא סגור, כך שנקודת הסיום זהה לנקודת ההתחלה והעבודה הכוללת היא אפס.

ב. עבודת כוח הקפיץ שווה בגודלה והפוכה בכיוונה לעבודת הכוח המושך.

ג. במידה והיה חיכוך הייו צריכים לדעת את המסלול המקשר בין שתי הנקודות (האם הכוח פעל בקו ישר או שהדרך היתה ארוכה יותר).

ד. ההבדל הוא שכוח החיכוך אינו כוח משמר, ועבודתו תלויה במסלול, בעוד שכוח הקפיץ הוא כוח משמר ועבודתו אינה תלויה במסלול.

5. א. לא. התנע הקווי של כל אחד מהחלקים לא נשמר, מאחר ופעל על כל חלק מיתקף.

ב. כן. התנע הכולל נשמר, מכיוון שהכוח היה כוח פנימי. סך כל המיתקף שפעל על כל החלקים שווה לאפס.

ג. מהירות המילוט מפני כדור הארץ נתונה בנוסחה:

$$v_C = \sqrt{2 \cdot g \cdot R_E}$$

(ההוכחה בעמוד 455 של ספר המכניקה)

מהירות הטיל היתה:
$$v = \frac{v_C}{2} = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot R_E} = \sqrt{\frac{g \cdot R_E}{2}}$$

נחשב את שיא הגובה משיקולי אנרגיה:

$$-\frac{G \cdot M \cdot m}{R_E} + \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = -\frac{G \cdot M \cdot m}{R}$$

נציב את הזהות: $\frac{G \cdot M}{R_E^2} = g$, ונצמצם את המסה m:

$$-g \cdot R_E + \frac{1}{2} \cdot v^2 = -g \cdot R_E^2 \cdot \frac{1}{R}$$

$$-g \cdot R_E + \frac{1}{2} \cdot \frac{g \cdot R_E}{2} = -g \cdot R_E^2 \cdot \frac{1}{R}$$

$$-1 + \frac{1}{4} = -\frac{R_E}{R} \implies R = \frac{4}{3} \cdot R_E$$

מהירות הלווין היא:

$$v_1 = \sqrt{\frac{G \cdot M}{R}} = \sqrt{\frac{g \cdot R_E^2}{R}} = \sqrt{\frac{g \cdot R_E^2}{\frac{4}{3} \cdot R_E}} = \sqrt{\frac{3 \cdot g \cdot R_E}{4}}$$

ד. מהירות המילוט מהגובה $R = \frac{4}{3} \cdot R_E$ היא:

$$-\frac{G \cdot M \cdot m}{R} + \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = 0$$

$$-g \cdot \frac{R_E^2}{R} + \frac{v^2}{2} = 0$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot R_E^2}{R}} = \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot R_E^2}{\frac{4}{3} \cdot R_E}} = \sqrt{\frac{3 \cdot g \cdot R_E}{2}}$$

ה. מאחר והתנע הכולל נשמר, ומכיוון ששלושת החלקים זהים, המהירות של החלק השלישי מבטלת את השקול של שתי המהירויות. שתי המהירויות הן ב-90^0 זו לזו כי המהירות האחת היא מהירות לווין המשיקה למסלול ומהירות שניה היא מהירות רדיאלית:

$$v = \sqrt{v_1^2 + v_2^2} = \sqrt{\frac{3 \cdot g \cdot R_E}{4} + \frac{3 \cdot g \cdot R_E}{2}} = \frac{3}{2} \cdot \sqrt{g \cdot R_E}$$

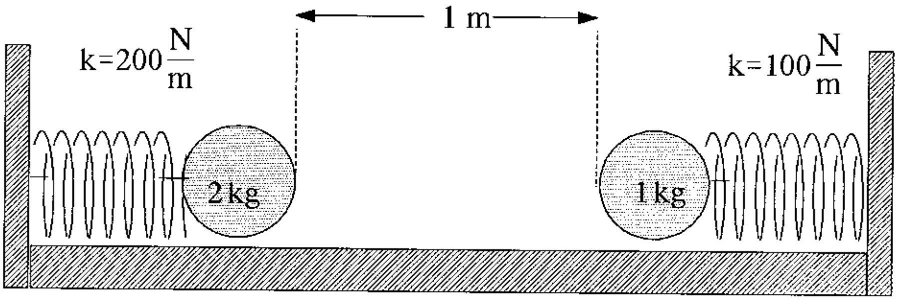
מבחן מתכונת מספר 20

משך הבחינה: שעה וחצי

מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה חמש שאלות. מתוכן עליך לענות על שלוש שאלות בלבד.

לכל שאלה - $33\frac{1}{3}$ נקודות. מספר הנקודות לכל סעיף רשום בסופו.

1. שני כדורים, בעלי מסות של 1kg ושל 2kg, משוחררים בו זמנית, לאחר שנלחצו 10cm כל אחד, על ידי שני קפיצים חסרי מסה שקבוע הקפיץ שלהם 100N/m ו-200N/m בהתאמה (הכדורים אינם קשורים לקפיצים). המרחק בין הכדורים לפני כיווץ הקפיצים הוא 1m. הכדורים מתנגשים ביניהם בהתנגשות פלסטית.



א. תאר/י במילים את שלבי התנועה השונים. (5 1/3 נקודות)

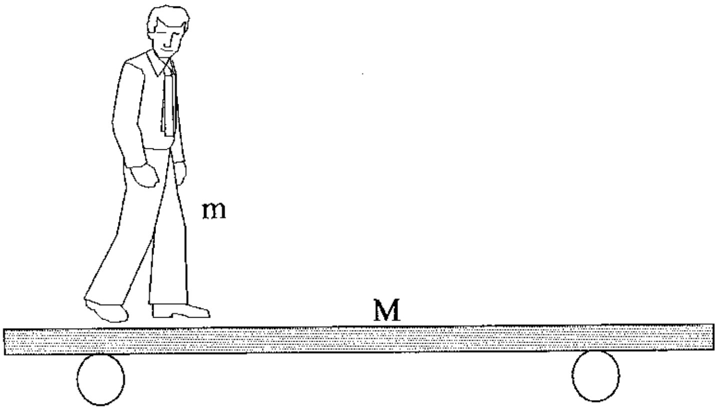
ב. תוך כמה זמן יתנגשו הכדורים? (6 נקודות)

ג. תוך כמה זמן יתנגשו שנית בקפיץ, ובאיזה קפיץ? (9 נקודות)

ד. כמה יתכווץ הקפיץ? (5 נקודות)

ה. שרטט/י גרף איכותי של המהירות כפונקציה של הזמן של תנועת המסה המשותפת מהרגע בו היא מכווצת לגמרי את הקפיץ ועד לחזרה הראשונה לאותו המצב. (8 נקודות)

2. אדם בעל מסה m עומד על עגלה שמסתה M. האדם מתחיל ללכת על העגלה ותוך כדי ההליכה מפעיל על העגלה כוח קבוע f. אין חיכוך בין העגלה והריצפה.



א. תאר/י במילים את תנועת העגלה ותנועת האדם. (5 1/3 נקודות)

ב. מהי תאוצת העגלה? (6 נקודות)

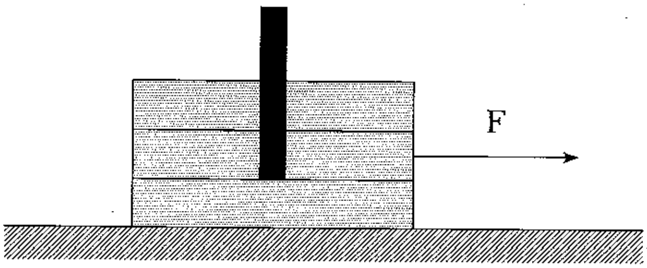
ג. מהי תאוצת האדם? (6 נקודות)

ד. מהי התאוצה היחסית בין האדם והעגלה? (6 נקודות)

ה. האם נשמרת האנרגיה המכנית הכוללת של המערכת אדם-עגלה תוך כדי ההליכה? <u>הסבר/י</u> (5 נקודות)

ו. האם נשמר התנע הקווי הכולל של המערכת אדם-עגלה תוך כדי ההליכה? <u>הסבר/י</u> (5 נקודות)

3. כוח קבוע מושך מסה, הניתנת לשינוי, והמונחת על משטח לא חלק. מגדילים את המסה ומודדים את התאוצה המתקבלת.



התוצאות מרוכזות בטבלה הבאה:

m [kg]	$a\left[\frac{m}{sec^2}\right]$
1	9
2	4
3	2.33
4	1.5
5	1

א. מהו הקשר המתמטי בין התאוצה ובין המסה? (8 נקודות)

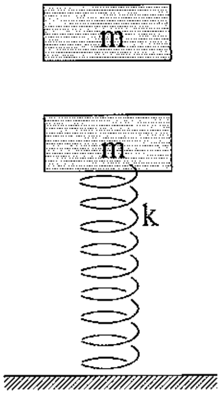
ב. מהם הצירים שנבחר כדי שיתקבל קו ישר, ומהי המשמעות של שיפוע הקו ונקודת החיתוך שלו עם ציר ה-x? (12 נקודות)

ג. מתוצאות הניסוי, מהו הכוח הקבוע המושך את המסה? (5 נקודות)

ד. מהו מקדם החיכוך הקינטי? (5 נקודות)

ה. כיצד היה נראה הגרף אם הניסוי היה נערך על הירח? (3 1/3 נקודות)

4. מסה m משוחררת ממנוחה מעל קפיץ שקשורה אליו מסה שניה זהה. המסות מתנגשות התנגשות פלסטית.
ננתח את התנועה מרגע שחרור המסה m ועד לרגע הראשון בו המסה m נעצרת.



א. תאר/י את התנועה. חלק/י את התנועה לשם כך לשלושה חלקים שונים. (3 1/3 נקודות)

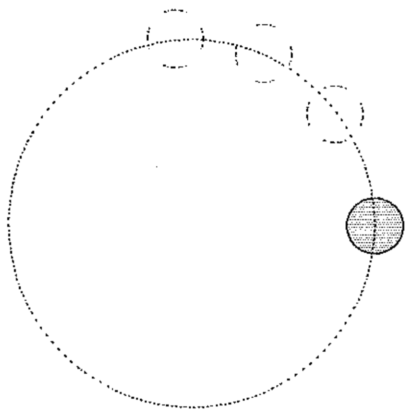
ב. באילו חלקים של התנועה נשמרת האנרגיה המכנית של המערכת? (9 נקודות)

ג. באילו חלקים של התנועה נשמר התנע הקווי של המערכת? (9 נקודות)

ד. האם נקודת שיווי המשקל תשאר במקומה או תזוז עקב פגיעת המסה m? (8 נקודות)

ד. כיצד נראה באופן איכותי גרף המהירות של המסה החופשית m, בהנחה שזמן ההתנגשות זניח? (6 נקודות)

5. גוף נע בתנועה מעגלית במהירות קבועה.



א. האם ווקטור המהירות של הגוף קבוע? הסבר/י (5 נקודות)

ב. האם התאוצה שלו שווה לאפס? הסבר/י (4 1/3 נקודות)

ג. האם פועל על הגוף כח שקול? הסבר/י (5 נקודות)

ד. האם משתנה האנרגיה הקינטית של הגוף במהלך התנועה? הסבר/י (4 נקודות)

ה. האם משתנה התנע הקווי של הגוף במהלך התנועה? הסבר/י (4 נקודות)

ו. האם נעשית על הגוף עבודה? הסבר/י (5 נקודות)

ז. האם אין סתירה בין תוצאות סעיפים ג' ו- ו'? הסבר/י (6 נקודות)

בהצלחה!!!

תשובות סופיות - מבחן מתכונת מספר 20

שאלה מספר 1

א. כל אחת מהמסות משתחררת מן הקפיץ ונעה לכיוון השניה. הן מתנגשות התנגשות פלסטית ונעות לעבר אחד הקפיצים. לאחר פגיעה בו הן חוזרות ומתנגשות בקפיץ השני וכך הלאה, עד אינסוף.

ב. $t = 0.657\ \text{sec}$

ג. $t = 1.5\ \text{sec}$

ד. $X = 0.057\ \text{m}$

שאלה מספר 2

א. האדם מתחיל ללכת ימינה, והעגלה נעה שמאלה, בגלל כוח החיכוך הפועל עליה.

ב. $a_M = \frac{f}{M}$

ג. $a_m = -\frac{f}{m}$

ד. $a_{M,m} = \frac{f\cdot(m + M)}{m\cdot M}$

ה. לא. האנרגיה של המערכת הולכת וגדלה.

ו. כן. התנע הכולל נשמר מכיוון.

שאלה מספר 3

א. $a = \frac{F}{m} - \mu\cdot g$

ב. a כפונקציה של $1/m$ הוא קו ישר ששיפועו הוא הכוח F והחיתוך עם ציר ה-x הוא $\frac{\mu\cdot g}{F}$.

ג. $F = 10\ \text{N}$

ד. $\mu = 0.1$

ה. השיפוע לא היה משתנה. נקודת החיתוך היתה קטנה.

שאלה מספר 4

א. שלושת חלקי התנועה הם:
(I) נפילה חופשית של המסה m
(II) התנגשות פלסטית בין המסות
(III) ירידה של שתי המסות תוך כיווץ הקפיץ עד לעצירה רגעית.

ב. (I) האנרגיה המכנית נשמרת.
(II) אנרגיה מכנית לא נשמרת.
(III) אנרגיה מכנית נשמרת.

ג. (I) התנע הקווי לא נשמר.
(II) התנע הקווי נשמר.
(III) התנע הקווי לא נשמר.

ד. נקודת שיווי המשקל היא יותר נמוכה לאחר ההתנגשות.

ה. המהירות גדלה בתחילה כחלק מנפילה חופשית. בהתנגשות עצמה המהירות קטנה פי שניים (התנגשות פלסטית בין שתי מסות זהות שהאחת במנוחה). בזמן הכיווץ של הקפיץ התנועה היא חלק מתנועה הרמונית מנקודה מעל נקודת שיווי המשקל

שאלה מספר 5

א. לא. ווקטור המהירות אינו קבוע.

ב. לא. התאוצה אינה אפס.

ג. כן. קיים כוח שקול כלפי המרכז.

ד. לא. האנרגיה הקינטית לא משתנה.

ה. כן. התנע הקווי משתנה מאחר.

ו. לא. לא מתבצעת על הגוף עבודה.

ז. אין סתירה. הכוח לא מבצע עבודה כי הוא פועל במאונך לכיוון ההתקדמות.

תשובות מלאות - מבחן מתכונת מספר 20

1. א. כל אחת מהמסות משתחררת מן הקפיץ ונעה לכיוון השניה. הן מתנגשות התנגשות פלסטית ונעות לעבר אחד הקפיצים. לאחר פגיעה בו הן חוזרות ומתנגשות בקפיץ השני וכך הלאה, עד אינסוף.

ב. עד לרגע השחרור מהקפיץ עוברת כל מסה רבע מחזור של תנועה הרמונית.

$$t = \frac{T}{4} = \frac{2\cdot\pi}{4\cdot\omega} = \frac{\pi}{2}\cdot\sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$t_1 = \frac{\pi}{2}\cdot\sqrt{\frac{1}{100}} = 0.157 \text{ sec} \quad ; \quad t_2 = \frac{\pi}{2}\cdot\sqrt{\frac{2}{200}} = 0.157 \text{ sec}$$

המהירות בה עוזבת כל מסה את הקפיץ היא:

$$v_{max} = \omega\cdot A = \sqrt{\frac{k}{m}}\cdot A$$

$$v_{max\ 1} = \sqrt{\frac{100}{1}}\cdot 0.1 = 1\ \frac{m}{sec} \quad ; \quad v_{max\ 2} = \sqrt{\frac{200}{2}}\cdot 0.1 = 1\ \frac{m}{sec}$$

שתי המסות משתחררות בו זמנית ונשאר להם מרחק של 1 m לעבור. המהירות היחסית ביניהם היא סכום המהירויות:

$$t' = \frac{\Delta x}{v} = \frac{1}{2} = 0.5 \text{ sec}$$

(אפשר היה להגיד גם שבגלל שהמהירויות זהות הם יפגשו באמצע, היינו 0.5 m מכל אחד.)
הזמן,מרגע השחרור ועד המפגש הוא:

$$t = t_1 + t' = 0.157 + 0.5 = 0.657 \text{ sec}$$

ג. נחשב את מהירות הכדורים לאחר ההתנגשות. נבחר את הכיוון החיובי ימינה.

$$m_1\cdot v_1 + m_2\cdot v_2 = (m_1 + m_2)\cdot U$$

$$U = \frac{m_1\cdot v_1 + m_2\cdot v_2}{m_1 + m_2} = \frac{2\cdot 1 + 1\cdot(-1)}{2 + 1} = 0.33\ \frac{m}{sec}$$

שני הגופים ינועו ימינה (המהירות שקיבלנו חיובית). המרחק

שיש להם לעבור עד לקפיץ הוא 0.5 m ולכן:

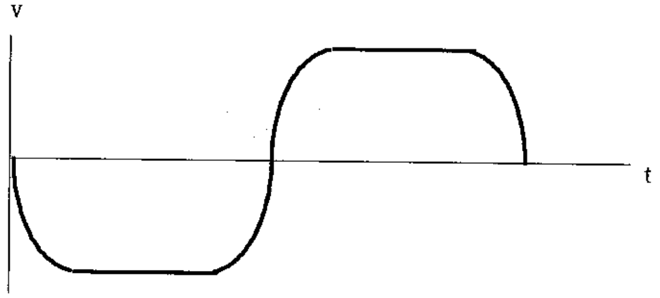
$$t = \frac{\Delta x}{U} = \frac{0.5}{0.33} = 1.5 \text{ sec}$$

ד. נחשב את התכווצות הקפיץ משיקולי אנרגיה:

$$\frac{1}{2}\cdot(m_1 + m_2)\cdot U^2 = \frac{1}{2}\cdot k\cdot X^2$$

$$X = U\cdot\sqrt{\frac{m_1 + m_2}{k}} = 0.33\cdot\sqrt{\frac{1 + 2}{100}} = 0.057 \text{ m}$$

ה. מהרגע בו הקפיץ מכווץ התנועה היא הרמונית במשך רבע מחזור, אחר כך היא קבועה עד להתנגשות בקפיץ השני למשך מחצית מחזור ושוב חזרה במהירות קבועה, בכיוון ההפוך.



2. א. האדם מתחיל ללכת ימינה, והעגלה נעה שמאלה, בגלל כוח החיכוך הפועל עליה.

ב. הכוח היחיד הפועל על העגלה הוא כוח החיכוך, ולכן:

$$\Sigma F = m\cdot a$$

$$f = M\cdot a_M \implies a_M = \frac{f}{M}$$

ג. הכוח היחיד הפועל על האדם הוא כוח התגובה לכוח החיכוך שהפעיל על העגלה, ולכן:

$$\Sigma F = m\cdot a$$

$$-f = m\cdot a_m \implies a_m = -\frac{f}{m}$$

ד. התאוצה היחסית היא הפרש התאוצות:

$$a_{M,m} = a_M - a_m = \frac{f}{M} - \left[-\frac{f}{m}\right] = \frac{f}{M} + \frac{f}{m} = \frac{f\cdot(m+M)}{m\cdot M}$$

ה. לא. האנרגיה של המערכת הולכת וגדלה כתוצאה מהאנרגיה המופקת משרירי רגלי האדם.

ו. כן. התנע הכולל נשמר מכיוון שהכוחות הם כוחות פנימיים.

3. א. הקשר בין התאוצה ובין המסה ניתן בחוק השני של ניוטון:

$\Sigma F = m\cdot a$

$F - f = m\cdot a$

מאחר וכוח החיכוך תלוי בכוח הנורמלי: $f = \mu\cdot N = \mu\cdot m\cdot g$

נקבל:

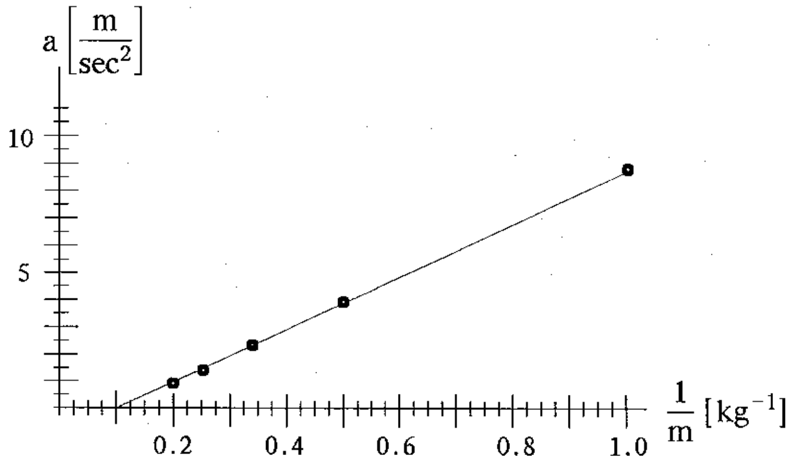
$F - \mu\cdot m\cdot g = m\cdot a$

$a = \frac{F}{m} - \mu\cdot g$

ב. אם נשרטט גרף של a כפונקציה של 1/m נקבל קו ישר ששיפועו הוא הכוח F והחיתוך עם ציר ה-x הוא $\frac{\mu\cdot g}{F}$.

ג.

$1/m\ [kg^{-1}]$	$m\ [kg]$	$a\ \left[\frac{m}{sec^2}\right]$
1	1	9
0.5	2	4
0.33	3	2.33
0.25	4	1.5
0.2	5	1



ג. נחשב את השיפוע משתי נקודות ניסוי (בניסוי אמיתי מעבירים גרף ובוחרים שתי נקודות על הגרף)

$$F = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{9 - 1}{1 - 0.2} = 10\ N$$

ד. כדי למצוא את מקדם החיכוך נעביר קו ישר ונמצא את חיתוכו עם ציר ה-x. הערך המתקבל הוא b=0.1, ולכן:

$$b = \frac{\mu \cdot g}{F} \implies \mu = \frac{b \cdot g}{F} = \frac{0.1 \cdot 10}{10} = 0.1$$

ה. אם הניסוי היה נערך על הירח השיפוע לא היה משתנה כי הוא תלוי רק בכוח המושך. נקודת החיתוך היתה קטנה כי היא תלויה בתאוצת הכובד, שהיא קטנה יותר על הירח.

4. א. שלושת חלקי התנועה הם:
(I) נפילה חופשית של המסה m
(II) התנגשות פלסטית בין המסות
(III) ירידה של שתי המסות תוך כיווץ הקפיץ עד לעצירה רגעית.

ב. (I) האנרגיה המכנית נשמרת. אנרגיה הופכת מפוטנציאלית כובדית לקינטית.
(II) אנרגיה מכנית לא נשמרת. אנרגיה קינטית הופכת לחום.
(III) אנרגיה מכנית נשמרת. אנרגיה פוטנציאלית כובדית ואנרגיה קינטית הופכות לאנרגיה פוטנציאלית אלסטית.

ג. (I) התנע הקווי לא נשמר. פועל כוח חיצוני (המשקל) המגדיל את התנע של המסה.
(II) התנע הקווי נשמר. כמו בכל התנגשות - לא פועלים כוחות חיצוניים והתנע נשמר.
(III) התנע הקווי לא נשמר. פועלים כוחות חיצוניים (המשקל והקפיץ) המקטינים את התנע.

ד. נקודת שיווי המשקל היא יותר נמוכה לאחר ההתנגשות כי הקפיץ צריך לאזן מסה כפולה.

ה. המהירות גדלה בתחילה כחלק מנפילה חופשית. בהתנגשות עצמה המהירות קטנה פי שניים (התנגשות פלסטית בין שתי מסות זהות שהאחת במנוחה). בזמן הכיווץ של הקפיץ התנועה היא חלק מתנועה הרמונית מנקודה מעל נקודת שיווי המשקל

5. א. לא. ווקטור המהירות אינו קבוע מאחר והכיוון של המהירות משתנה. אמנם גודל המהירות קבוע אבל לכל ווקטור יש גודל וכיוון ושינוי הכיוון מספיק לשינוי הווקטור.

ב. לא. התאוצה אינה אפס. התאוצה המשנה את כיוון המהירות היא כלפי המרכז, במאונך לכיוון ההתקדמות.

ג. כן. קיים כוח שקול כלפי המרכז. כוח זה הוא הכוח הצנטריפטלי. כוח זה הוא הגורם לתאוצה הצנטריפטלית המשנה את כיוון התנועה.

ד. לא. האנרגיה הקינטית לא משתנה כי גודל המהירות קבוע.

ה. כן. התנע הקווי משתנה מאחר וכיוון התנע הקווי (שהוא כיוון המהירות) משתנה במהלך הסיבוב בגלל הכוח הצנטריפטלי.

ו. לא. לא מתבצעת על הגוף עבודה. האנרגיה הקינטית של הגוף נשארת קבועה.

ז. אין סתירה. למרות שקיים כוח שקול, כוח זה לא מבצע עבודה כי הוא פועל במאונך לכיוון ההתקדמות.

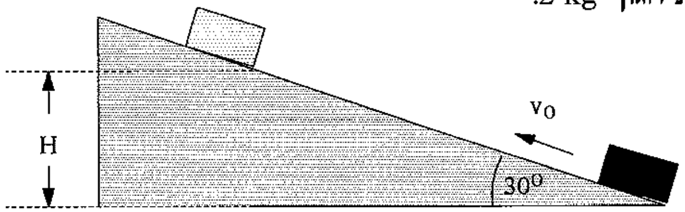
מבחן מתכונת מספר 21

משך הבחינה: שעה וחצי

מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה חמש שאלות. מתוכן עליך לענות על שלוש שאלות בלבד.

לכל שאלה - $33\frac{1}{3}$ נקודות. מספר הנקודות לכל סעיף רשום בסופו.

1. בניסוי למציאת תאוצת הכובד קיבל גוף מהירות התחלתית הולכת וגדלה בתחתית מישור משופע שזווית הראש שלו 30^0. הגובה H אליו מגיע הגוף נמדד בכל פעם. מקדם החיכוך μ ידוע כ-0.2. מסת הגוף 2 kg.



התוצאות שהתקבלו נתונות בטבלה הבאה:

$v_0\left[\frac{m}{sec}\right]$	H [m]
1	0.045
2	0.182
3	0.409
4	0.727
5	1.136

א. מהו הקשר המתמטי בין המהירות והגובה? (8 1/3 נקודות)

ב. בחר/י צירים נוחים לשרטוט גרף לינארי, שרטט/י גרף ומצא/י ממנו את תאוצת הכובד. (12 נקודות)

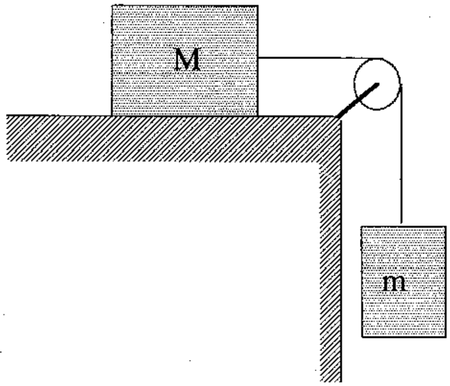
ג. כיצד היו משתנות התשובות אם המסה היתה גדולה יותר? (4 נקודות)

(המשך השאלה בעמוד הבא)

ד. כיצד היו משתנות התשובות אם הזווית היתה גדולה יותר? (4 נקודות)

ה. כיצד היו משתנות התשובות אם הניסוי היה נעשה על הירח? (5 נקודות)

2. נתונה מערכת של שתי מסות m ו-M. המערכת מתחילה תנועתה ממנוחה.



א. מצא/י ביטוי להספק הכוח mg כפונקציה של הזמן. (6 1/3 נקודות)

ב. מצא ביטוי לאנרגיה הקינטית של המערכת כפונקציה של הזמן. (6 נקודות)

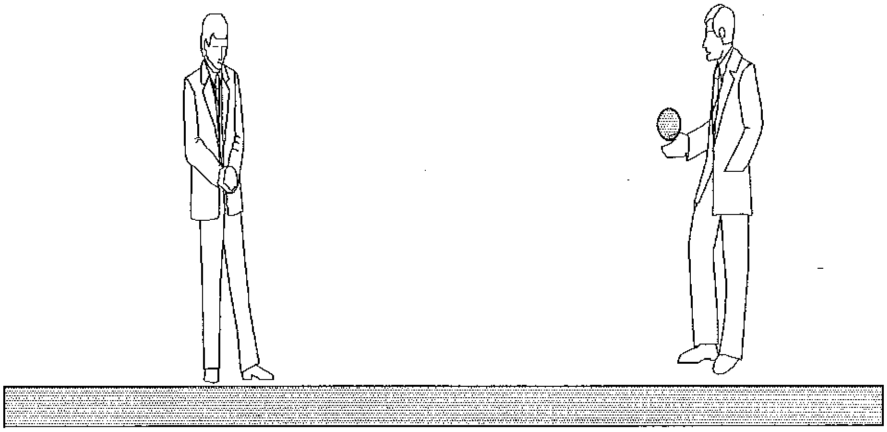
ג. מצא ביטוי לאנרגיה הפוטנציאלית הכובדית של המערכת כפונקציה של הזמן. (6 נקודות)

ד. מהו הקשר בין שני הגדלים שחושבו בסעיפים ב' ו-ג'? (6 נקודות)

ה. האם הקשר הזה היה מתקיים אם המערכת היתה על הירח? (5 נקודות)

ו. האם הקשר היה מתקיים אם המשטח לא היה חלק? (4 נקודות)

3. אדם שמסתו $M_1=80kg$ והמחזיק בידו כדור שמסתו $m=2kg$ עומד על משטח חלק וחסר חיכוך לחלוטין. במרחק $1m$ ממנו עומד אדם שני שמסתו $M_2=70kg$. האדם זורק את הכדור במהירות של $2m/sec$ לכיוון האדם השני, התופס את הכדור. (הנח/י שתנועת הכדור היא אופקית כל הזמן)



א. מהי מהירות הזורק, לאחר זריקת הכדור? (4 נקודות)

ב. מהי מהירות התופס, לאחר תפיסת הכדור? (4 נקודות)

ג. מהי מהירות מרכז המסה לפני זריקת הכדור? (4 נקודות)

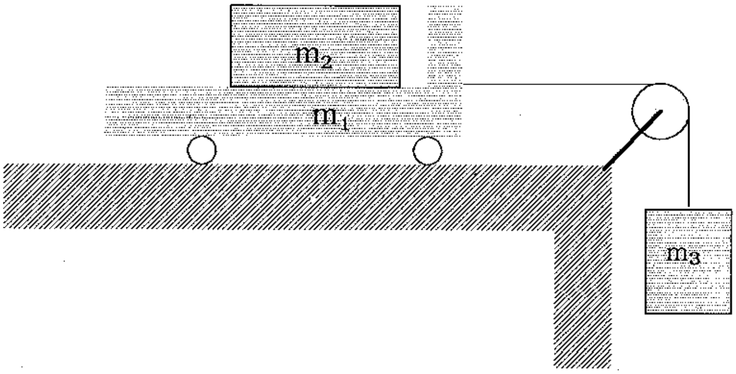
ד. מהי מהירות מרכז המסה אחרי תפישת הכדור? (4 נקודות)

ה. מהו המרחק ביניהם $3sec$ לאחר זריקת הכדור? (זמן הזריקה עצמה וזמן התפישה אפסיים, זמן התנועה לא זניח) (9 נקודות)

ו. כמה אנרגיה קינטית נוספה למערכת? (5 נקודות)

ז. מהו מקור האנרגיה שנוספה? (3 1/3 נקודות)

4. מסה m_3 מושכת כלפי מטה עגלה שמסתה m_1. על העגלה מונח גוף שמסתו m_2.
המערכת משוחררת במצב בו כל הגופים במנוחה. אין חיכוך בין העגלה ובין המשטח.



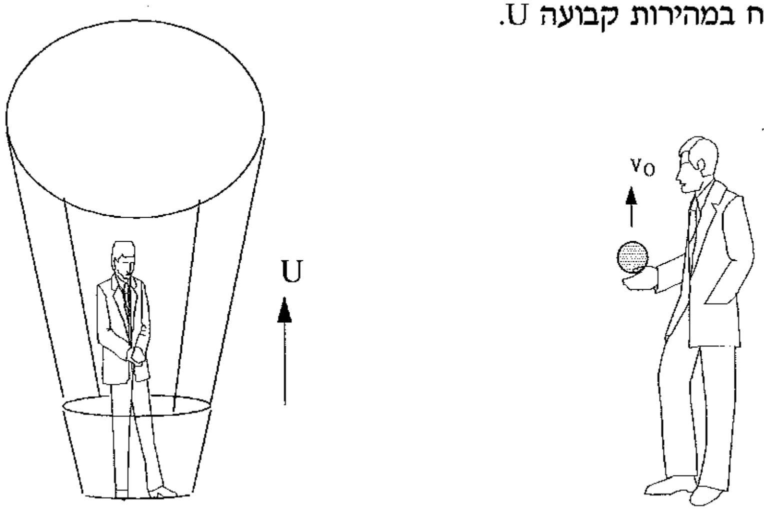
א. תאר/י את תנועת כל אחד מהגופים, אם אין חיכוך בין העגלה והמסה m_2. (5 1/3 נקודות)

ב. מהו מקדם החיכוך הסטטי המינימלי בין העגלה והמסה m_2 שיגרום לתנועה משותפת של הגופים (בטא/י בעזרת m_1,m_2,m_3,g)? (8 נקודות)

ג. מהו כוח החיכוך בין העגלה והמסה m_2 אם מקדם החיכוך הסטטי בין הגופים גדול פי שניים ממקדם החיכוך שחושב בסעיף ב' (בטא/י בעזרת m_1,m_2,m_3,g)? (10 נקודות)

ד. מהי תאוצת כל אחד מהגופים, אם מקדמי החיכוך (הסטטי והקינטי) קטנים פי שניים ממקדם החיכוך שחושב בסעיף ב' (בטא/י בעזרת m_1,m_2,m_3,g)? (10 נקודות)

5. אדם א' זורק חפץ במהירות v_0 כלפי מעלה. אדם ב' עולה בכדור פורח במהירות קבועה U.



א. מהו הביטוי למהירות הגוף כפונקציה של הזמן מרגע הזריקה, כפי שימדוד האדם העולה בכדור הפורח? (7 1/3 נקודות)

ב. מהו הביטוי לתאוצת הגוף כפונקציה של הזמן מרגע הזריקה, כפי שימדוד האדם העולה בכדור הפורח? (6 נקודות)

ג. האם מערכת הכדור הפורח היא מערכת אינרציאלית? <u>הסבר/י</u> (4 נקודות)

ד. האם האדם הנמצא בכדור הפורח טוען להימצאותם של כוחות מדומים? <u>הסבר/י</u> (4 נקודות)

ה. כיצד היו משתנות התשובות לסעיפים א'-ד' אם האדם בכדור הפורח היה עולה בתאוצה קבועה A? (12 נקודות)

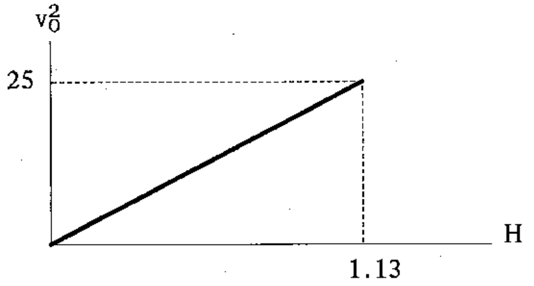
בהצלחה!!!

תשובות סופיות - מבחן מתכונת מספר 21

שאלה מספר 1

א. $v_0 = \sqrt{g \cdot [2 + \mu] \cdot H}$

ב. הגרף הוא של v_0^2 כפונקציה של H. השיפוע הוא: $g \cdot [2 + \mu]$



הערך של תאוצת הכובד הוא: $g = 10\,\frac{m}{sec^2}$

ג. התוצאות לא היו משתנות.

ד. התוצאות לא היו משתנות.

ה. השיפוע היה קטן.

שאלה מספר 2

א. $P = \frac{m^2 \cdot g^2}{M + m}$

ב. $E_K = \frac{1}{2} \cdot \frac{m^2}{M + m} \cdot g^2 \cdot t^2$

ג. $U_G = -\frac{1}{2} \cdot \frac{m^2}{M + m} \cdot g^2 \cdot t^2$

ד. הסכום שווה לאפס.

ה. לא. חלק מן האנרגיה היה הופך לחום.

שאלה מספר 3

א. $u_1 = -0.05\ \frac{m}{sec}$

ב. $u = 0.055\ \frac{m}{sec}$

ג. $v_{c.m.}=0$

ד. $v_{c.m.}=0$

ה. $t = 1.2875\ sec$

ו. $E = 0.209\ J$

ז. שרירי האדם.

שאלה מספר 4

א. המסות m_1 ו-m_3 יאיצו בעוד המסה m_2 תשאר במקומה עד שתיפול מהעגלה.

ב. $\mu = \dfrac{m_3}{m_1 + m_2 + m_3}$

ג. $f = \dfrac{m_2 \cdot m_3}{m_1 + m_2 + m_3} \cdot g$

ד. $a_{m_2} = \dfrac{m_3}{m_1 + m_2 + m_3} \cdot \dfrac{g}{2}$

$$a_{m_1} = \frac{m_3}{m_1 + m_3} \cdot g \cdot \left[1 - \frac{m_2}{2 \cdot (m_1 + m_2 + m_3)}\right]$$

שאלה מספר 5

א. $v = (v_0 - U) - g \cdot t$

ב. $a = -g$

ג. כן. שתי המערכות נעות במהירות קבועה יחסית.

ד. לא.

ה. $v = (v_0 - U) - (g + A) \cdot t$ (I)

$a = -(g + A)$ (II)

(III) לא. המערכות לא אינרציאליות. יש תאוצה יחסית.

(IV) כן יש כוח מדומה השווה למכפלת המסה בתאוצה.

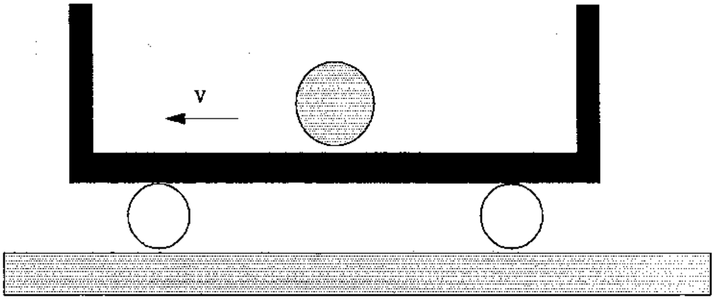
מבחן מתכונת מספר 22

משך הבחינה: שעה וחצי

מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה חמש שאלות. מתוכן עליך לענות על שלוש שאלות בלבד.

לכל שאלה - $33\frac{1}{3}$ נקודות. מספר הנקודות לכל סעיף רשום בסופו.

1. כדור שרדיוסו r ומסתו m נמצא בתוך עגלה שמסתה M. דפנות העגלה אלסטיות לחלוטין ורצפת העגלה חסרת חיכוך. המרחק בין קצות העגלה R. הכדור מקבל מהירות התחלתית v (ללא קשר לעגלה) כאשר מרכזו במרכז העגלה. זמן הפגיעה בקיר העגלה הוא אפסי.



א. תאר/י את התנועה המתקבלת. (5 נקודות)

ב. תוך כמה זמן יחזור הכדור למרכז העגלה בפעם הראשונה? (6 נקודות)

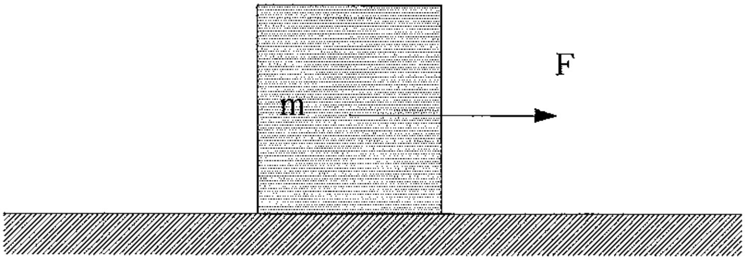
ג. תוך כמה זמן יחזור הכדור למרכז העגלה בפעם השניה? (6 נקודות)

ד. האם התנועה היא תנועה מחזורית? הסבר/י (5 נקודות)

ה. האם התנועה היא תנועה הרמונית? הסבר/י (5 נקודות)

ו. האם בכל פעם שהכדור מגיע למרכז העגלה כשמהירותו ימינה, העגלה נמצאת באותו המקום ביחס לקרקע? הסבר/י (6 1/3 נקודות)

2. כוח אופקי F מושך גוף שמסתו m על משטח אופקי. מקדם החיכוך הסטטי בין הגוף והמשטח הוא μ_S ומקדם החיכוך הקינטי בין הגוף והמשטח הוא μ_k. ($\mu_S > \mu_K$)



א. מהי תאוצת הגוף בהנחה ש: $F < \mu_S \cdot m \cdot g$? (5 נקודות)

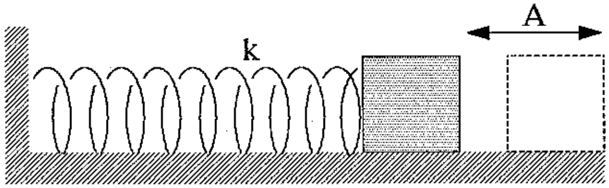
ב. מהי תאוצת הגוף בהנחה ש: $F > \mu_S \cdot m \cdot g$? (6 נקודות)

ג. מהו כוח החיכוך הפועל על הגוף בכל אחד משני המקרים א' ו-ב'? (6 1/3 נקודות)

ד. מהו הכוח השקול שמפעיל כדור הארץ על הגוף בכל אחד משני המקרים א' ו-ב'? (8 נקודות)

ה. כיצד נראה גרף התאוצה של הגוף כפונקציה של הכוח המושך את הגוף, אם מגדילים את הכוח F בתחום $0 - 2 \cdot \mu_S \cdot m \cdot g$? (8 נקודות)

3. מסה m קשורה לקפיץ שקבוע הקפיץ שלו k הנמצא על משטח אופקי חלק. מסיטים את המסה מרחק A ימינה ומשחררים. המסה נעה בתנועה הרמונית שזמן המחזור שלה הוא T.



כיצד ישתנה זמן המחזור של התנועה (יגדל/יקטן/לא ישתנה) עקב כל אחד מהשינויים הבאים (נמק/י):

א. מגדילים את המסה m ומשאירים את כל שאר הנתונים ללא שינוי. (5 1/3 נקודות)

ב. מגדילים את הסטיה הראשונית A ומשאירים את כל שאר הנתונים ללא שינוי. (5 נקודות)

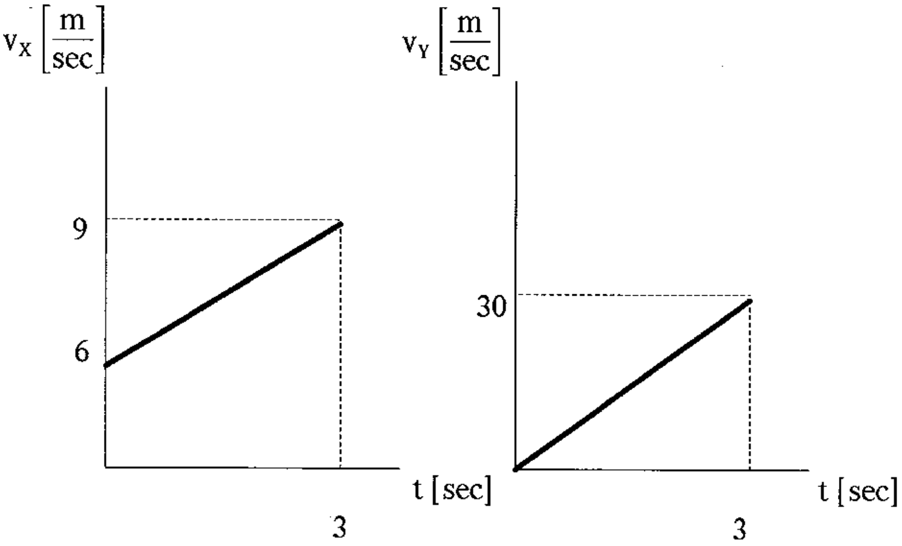
ג. מחברים לקפיץ קפיץ שני במקביל לו ומשאירים את כל שאר הנתונים ללא שינוי. (6 נקודות)

ד. מחברים לקפיץ קפיץ שני בהמשך לו ומשאירים את כל שאר הנתונים ללא שינוי. (6 נקודות)

ה. מגדילים את המסה ואת קבוע הקפיץ באותו היחס ומשאירים את כל שאר הנתונים ללא שינוי. (6 נקודות)

ו. מבצעים את הניסוי על הירח, במקום על פני כדור הארץ. (5 נקודות)

4. גוף נזרק מראש בניין בכיוון אופקי. גרף רכיב ה-X של המהירות וגרף רכיב ה-Y של המהירות כפונקציה של הזמן, עד הפגיעה בקרקע, מתוארים בגרפים הבאים (הכיוון החיובי מוגדר מטה וימינה מנקודת הזריקה):



א. האם יש השפעה להתנגדות האוויר או לרוח, בכיוון האופקי או בכיוון האנכי? <u>הסבר/י</u> (6 נקודות)

ב. כיצד נראית באופן איכותי צורת המסלול של הגוף? (7 1/3 נקודות)

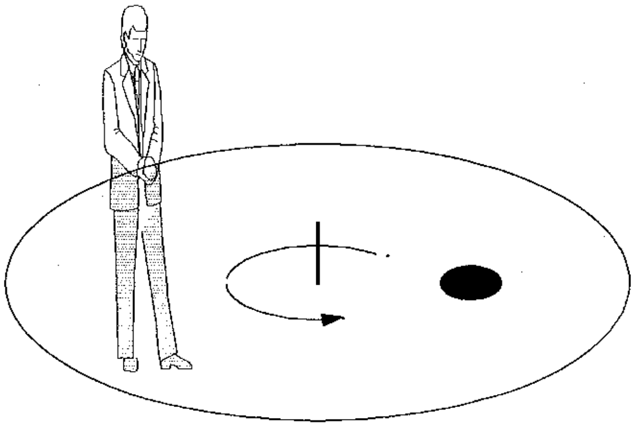
ג. מהו המרחק האופקי מנקודת הזריקה בו פוגע הגוף בריצפה? (5 נקודות)

ד. מהי מהירות הפגיעה בקרקע? (5 נקודות)

ה. מהי התאוצה השקולה הפועלת על הגוף? (5 נקודות)

ו. האם האנרגיה המכנית הכללית של הגוף נשארת קבועה? <u>הסבר/י</u> (5 נקודות)

5. מטבע שמסתו m נע בתנועה מעגלית כאשר הוא נמצא על דיסקה המסתובבת בתדירות f. מרחק המטבע ממרכז הדיסקה הוא R ומקדם החיכוך הסטטי המכסימלי בין המטבע והדיסקה הוא μ_S.



א. מהו הכוח הגורם לתנועה המעגלית של המטבע? (5 נקודות)

ב. מהו גודל כוח החיכוך הפועל על הגוף? (5 נקודות)

ג. מהו גודל וכיוון הכוח המדומה שימדוד אדם המסתובב יחד עם המטבע על הדיסקה. (8 נקודות)

ד. מהו המרחק המכסימלי ממרכז הסיבוב בו יכול המטבע להימצא ולהסתובב יחד עם הדיסקה? (6 נקודות)

ה. איזה גרף ליניארי המקשר בין המרחק המכסימלי האפשרי של המטבע ובין תדירות הסיבוב ניתן לשרטט? מהו שיפועו? (9 נקודות)

בהצלחה!!!

תשובות סופיות - מבחן מתכונת מספר 22

שאלה מספר 1

א. כאשר הכדור נע שמאלה העגלה במנוחה. כאשר הכדור נע ימינה העגלה נעה שמאלה.

ב. $t = \frac{R - r}{v}$

ג. $t = 2 \cdot \frac{R - r}{v}$

ד. לא. התנועה לא מחזורית. התנועה היא שילוב של תנועה מחזורית ומהירות קבועה של מרכז המסה.

ה. לא. התנועה לא תנועה הרמונית כי הכוח אינו תלוי בהעתק.

ו. לא. למרכז המסה של המערכת יש מהירות קבועה שמאלה.

שאלה מספר 2

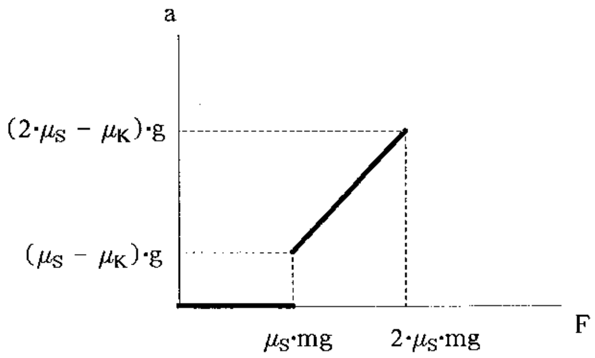
א. $a = 0$

ב. $a = \frac{F - \mu_K \cdot m \cdot g}{m}$

ג. במקרה א' פועל כוח השווה ל-F בכיוון הפוך ל- F
במקרה ב' פועל $\mu_K \cdot m \cdot g$

ד. במקרה א': $\sqrt{F^2 + m^2 g^2}$
במקרה ב': $m \cdot g \cdot \sqrt{\mu_K^2 + 1}$

ה.



שאלה מספר 3

א. יגדל פי $\sqrt{\frac{m_{\text{חדש}}}{m_{\text{ישן}}}}$

ב. לא ישתנה.

ג. יקטן פי $\sqrt{2}$

ד. יגדל פי $\sqrt{2}$

ה. לא ישתנה

ו. לא ישתנה

שאלה מספר 4

א. הרוח משפיעה בכיוון האופקי.

ב. קו ישר

ג. $x = 22.5\ m$

ד. $v = 31.3\ \frac{m}{sec}$

ה. $a = 10.05\ \frac{m}{sec^2} \quad \alpha = 5.7^0$

ו. לא. הרוח מגדילה את האנרגיה.

שאלה מספר 5

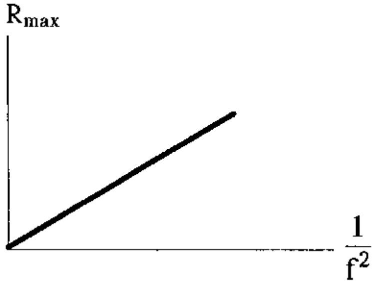
א. החיכוך.

ב. $f_S = m \cdot 4 \cdot \pi^2 \cdot f^2 \cdot R$

ג. $F_{\text{מדומה}} = -f_S$

ד. $R_{max} = \frac{\mu_S \cdot g}{4 \cdot \pi^2 \cdot f^2}$

ה. R_{max} כפונקציה של $1/f^2$ הוא קו ישר ששיפועו הוא $\frac{\mu_S \cdot g}{4 \cdot \pi^2}$



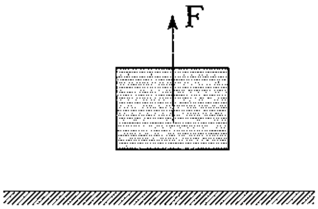
מבחן מתכונת מספר 23

משך הבחינה: שעה וחצי

מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה חמש שאלות. מתוכן עליך לענות על שלוש שאלות בלבד.

לכל שאלה - $33\frac{1}{3}$ נקודות. מספר הנקודות לכל סעיף רשום בסופו.

1. כוח קבוע F ‏($F > mg$) מושך כלפי מעלה במהירות קבועה גוף שמסתו m.



א. האם התנגדות האויר זניחה? (3 1/3 נקודות)

ב. שרטט/י את הכוחות הפועלים על הגוף? (6 נקודות)

ב. מצא/י ביטוי לעבודת כל אחד מהכוחות לאורך דרך X. לגבי כל אחד מהכוחות ציין/ני האם הוא משנה את האנרגיה המכנית הכוללת של הגוף. הסבר/י (9 נקודות)

ד. שרטט על אותו גרף, כפונקציה של הזמן, את:

(I) האנרגיה הקינטית של הגוף (3 נקודות)

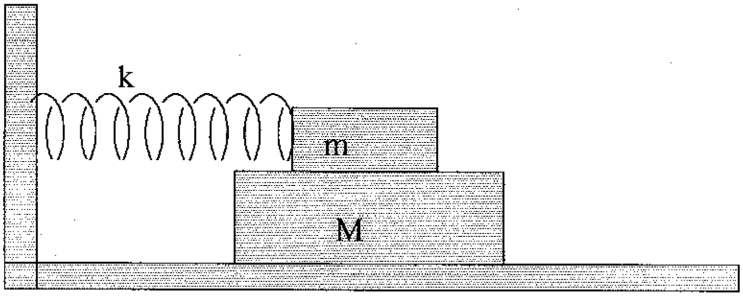
(II) האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית של הגוף (3 נקודות)

(III) החום הנוצר (3 נקודות)

(IV) עבודת הכוח F ‏(3 נקודות)

(V) האנרגיה המכנית הכוללת (3 נקודות)

2. מסה של m מונחת על מסה M. המסה העליונה מחוברת לקפיץ שקבוע הקפיץ שלו k. מקדם החיכוך הסטטי בין המסות שווה ל- μ_S. אין חיכוך עם הריצפה.



א. מהו הכוח המאפשר תנועה משותפת של הגופים? (2 1/3 נקודות)

ב. מהי התאוצה המכסימלית של שתי המסות ללא תנועה יחסית ביניהן? (8 נקודות)

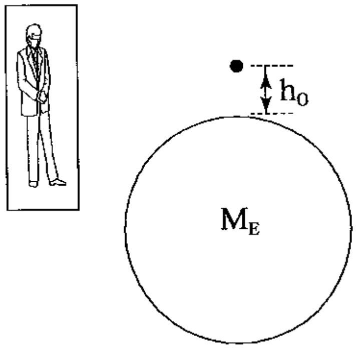
ג. מהי המשרעת המכסימלית בה ניתן לנדנד את המערכת ללא תנועה יחסית בין המסות? (8 נקודות)

ד. מסיטים את המערכת למשרעת המכסימלית ומשחררים.
(I) מהו זמן המחזור של התנועה? (5 נקודות)

(II) מהו הביטוי להעתק המערכת כפונקציה של הזמן? (5 נקודות)

(III) מהו הביטוי לכוח החיכוך בין הגופים כפונקציה של הזמן? (5 נקודות)

3. כדור שמסתו m מופל ממנוחה מגובה h_0 (גובה נמוך) אל פני כדור הארץ וחוזר אחר כך לגובה h_1. אדם הנמצא בחללית נייחת מחוץ לכדור הארץ, ואשר כדור הארץ נמצא במנוחה ביחס אליה ברגע זריקת הכדור, מודד את מהירות כדור הארץ ביחס לחללית. (נתייחס בשאלה זו לכדור הארץ כאילו הוא כוכב רחוק מהשפעת כוכבים אחרים וללא תנועה סיבובית)



א. מהו הביטוי למהירות כדור הארץ (הכיוון החיובי הוא כיוון התנועה ההתחלתית של הכדור).

(I) ברגע תחילת נפילת הכדור מהגובה h_0? (4 נקודות)

(II) רגע לפני שהכדור פגע בארץ? (4 נקודות)

(III) רגע אחרי שהכדור פגע בארץ? (4 נקודות)

(IV) כאשר הכדור הגיע לגובה h_1? (4 נקודות)

ב. מדוע לא נשמר התנע הקווי של כדור הארץ? (4 1/3 נקודות)

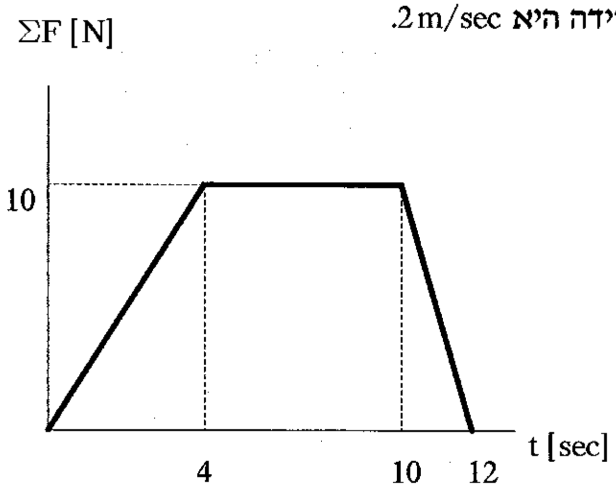
ג. איזה תנע קווי כן נשמר? (3 נקודות)

ד. האם ההתנגשות היתה אלסטית? <u>הסבר/י</u> (4 נקודות)

ה. האם נשמרה האנרגיה המכנית של המערכת? <u>הסבר/י</u> (3 נקודות)

ו. מדוע מתעלמים מהחישובים שנעשו בשאלה בניתוח מצבים של נפילת גוף אל פני כדור הארץ? (3 נקודות)

4. נתון גרף המתאר את הכוח השקול הפועל על גוף שמסתו $3\,kg$ כפונקציה של הזמן מתחילת המדידה. מהירות הגוף ברגע תחילת המדידה היא $2\,m/sec$.



א. תאר/י במילים את צורת התנועה של הגוף במשך 12 השניות של מדידת התנועה. (3 1/3 נקודות)

ב. מהי המשמעות של השטח שמתחת לגרף? (6 נקודות)

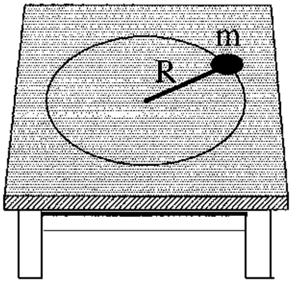
ג. מהו השינוי הכולל בתנע של הגוף? (6 נקודות)

ד. מהי מהירות הגוף לאחר 12 השניות של התנועה? (6 נקודות)

ה. מהו השינוי הכולל באנרגיה של הגוף? (6 נקודות)

ו. מהו העתק הגוף במשך 12 השניות של התנועה? (6 נקודות)

5. כדור מחובר לחוט שאורכו 80 cm. החוט קשור בקצהו לציר קבוע כך שהכדור מסתובב במעגל אופקי במהירות קבועה.
דינמומטר קשור במרכזו של החוט למדידת המתיחות.
מסובבים את הכדור בתדירויות שונות ומודדים את המתיחות (T) בכל מצב.



התקבלו התוצאות הבאות:

f [Hz]	T [N]
1	6.32
2	25.27
3	56.85
4	101.06
5	157.91

א. מהו הקשר המתמטי בין המתיחות והתדירות? (6 נקודות)

ב. מהם הערכים שנשרטט בגרף כדי לקבל קו ישר? (6 נקודות)

ג. הוסף/י לטבלה את הערכים המחושבים לצורך שרטוט קו ישר. (3 1/3 נקודות)

ד. מהו השיפוע התיאורטי של הקו? (6 נקודות)

ה. מניתוח תוצאות הניסוי, מהי מסת הכדור? (6 נקודות)

ו. כיצד היו משתנות התוצאות אם הניסוי היה על הירח? (6 נקודות)

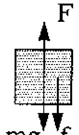
בהצלחה!!!

תשובות סופיות – מבחן מתכונת מספר 23

שאלה מספר 1

א. לא. התנגדות האויר לא זניחה.

ב.

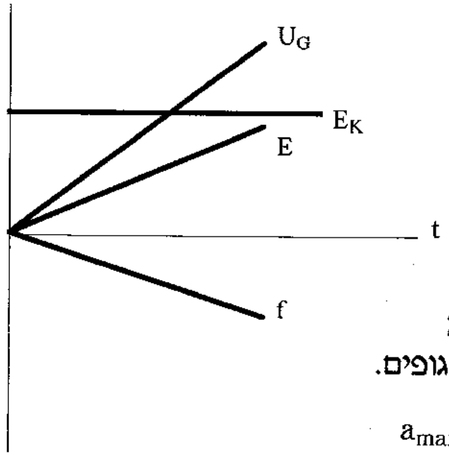


ג. $W_F = F\cdot X$ מגדיל את האנרגיה המכנית הכוללת.

$W_f = -f\cdot X$ מקטין את האנרגיה המכנית הכוללת.

$W_G = -m\cdot g$ לא משנה את האנרגיה המכנית הכוללת.

ד. המיקום של האנרגיה הקינטית הוא שרירותי.



שאלה מספר 2

א. חיכוך בין הגופים.

ב. $a_{max} = \dfrac{m\cdot g\cdot \mu_S}{M}$

ג. $A_{max} = \dfrac{m\cdot g\cdot \mu_S}{k}$

ד. (I) $T = 2\cdot\pi\cdot\sqrt{\dfrac{m+M}{k}}$

$$x = \frac{m\cdot g\cdot \mu_S}{k}\cdot\cos\left[\sqrt{\frac{k}{M+m}}\cdot t\right] \quad \text{(II)}$$

$$f = -m\cdot g\cdot \mu_S\cdot\cos\left[\sqrt{\frac{k}{M+m}}\cdot t\right] \quad \text{(III)}$$

שאלה מספר 3

א. $v_E = 0$ (I)

$$v_E = -\sqrt{\frac{2\cdot m^2\cdot g\cdot h_0}{M_E^2 + M_E\cdot m}} \quad (II)$$

$$v_E = \sqrt{\frac{2\cdot m^2\cdot g\cdot h_1}{M_E^2 + M_E\cdot m}} \quad (III)$$

$v_E = 0$ (IV)

ב. מכיוון שפועל עליו כוח חיצוני על ידי המסה m.

ג. התנע הקווי הכולל של מערכת ארץ-כדור נשאר קבוע.

ד. לא. היה הפסד אנרגיה.

ה. לא. הגוף הגיע לגובה נמוך יותר מהגובה ממנו נפל.

ו. מכיוון שמסת כדור הארץ גדולה בהרבה ממסת הגופים הנופלים ומהירות כדור הארץ זניחה.

שאלה מספר 4

א. תאוצה גדלה במשך 4 sec. תאוצה קבועה במשך 6 sec.
תאוצה קטנה במשך 2 sec.

ב. השטח שווה למיתקף שפעל על הגוף ולכן לשינוי התנע הקווי של הגוף.

ג. $\Delta P = 90 \frac{kg\cdot m}{sec}$

ד. $v = 32 \frac{m}{sec}$

ה. $\Delta E = 1530$ J

ו. $x_{12} = 190.67$ m

שאלה מספר 5

א. $T = [m \cdot 4 \cdot \pi^2 \cdot R] \cdot f^2$

ב. נוסיף את f^2

ד. $m \cdot 4 \cdot \pi^2 \cdot R$

ה. $m = 0.2\ kg$

ו. התוצאות לא היו משתנות.

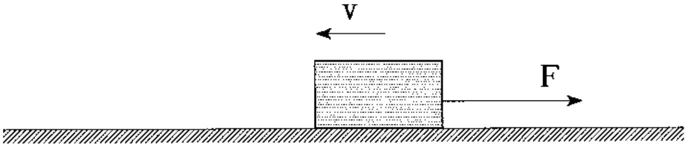
מבחן מתכונת מספר 24

משך הבחינה: שעה וחצי

מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה חמש שאלות. מתוכן עליך לענות על שלוש שאלות בלבד.

לכל שאלה - $33\frac{1}{3}$ נקודות. מספר הנקודות לכל סעיף רשום בסופו.

1. כוח אופקי F פועל בכיוון ימין על גוף הנמצא על מישור אופקי לא חלק.
ברגע פעולת הכוח נע הגוף בכיוון שמאל.
ענה/י על השאלה בהנחה שהכוח החיצוני גדול מכוח החיכוך הסטטי המכסימלי ומכוח החיכוך הקינטי.



א. תאר/י במילים את צורת התנועה של הגוף. (3 1/3 נקודות)

ב. שרטט/י, באופן איכותי, את גרף התאוצה כפונקציה של הזמן. (6 נקודות)

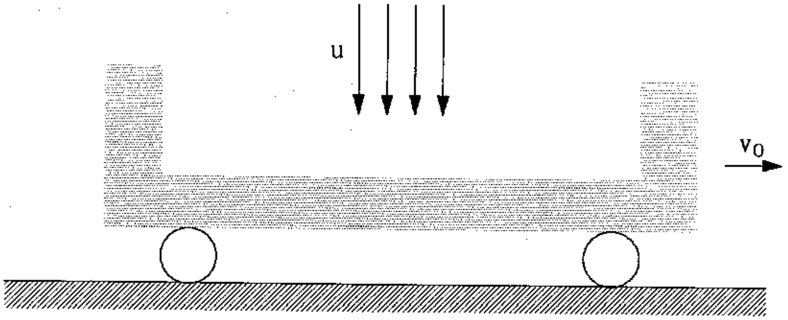
ג. שרטט/י, באופן איכותי, את גרף המהירות כפונקציה של הזמן. (6 נקודות)

ד. שרטט/י, באופן איכותי, את גרף מיקום הגוף כפונקציה של הזמן. (6 נקודות)

ה. שרטט/י, באופן איכותי, את הגרף של העבודה שמבצע הגוף ביחידת זמן, כפונקציה של הזמן. (6 נקודות)

ו. שרטט/י, באופן איכותי, את הגרף של כמות החום הנוצרת ביחידת זמן, כפונקציה של הזמן. (6 נקודות)

2. קרונית בעלת גג פתוח שמסתה M נעה במהירות התחלתית v_0 בכביש ישר חסר חיכוך. ברגע מסויים מתחיל לרדת גשם במהירות u אנכית כלפי מטה ומכניס למכונית תוספת מסה m בכל שניה.



א. האם נשמר התנע הקווי של הגשם במהלך ירידתו? (3 1/3 נקודות)

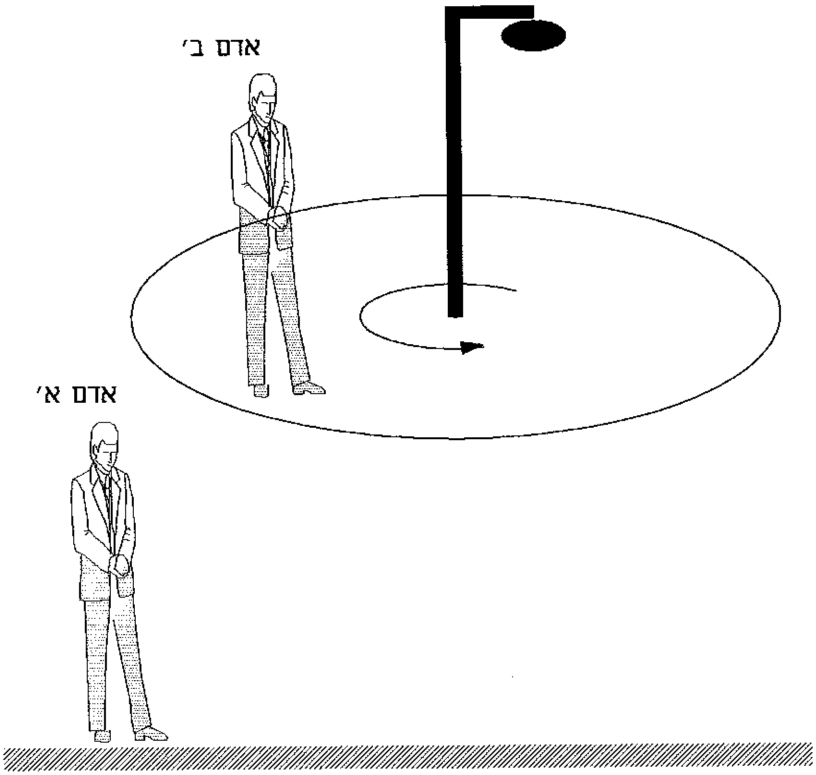
ב. האם נשמר התנע הקווי הכולל של הקרונית והגשם במהלך ההתנגשות? (6 נקודות)

ג. אם מנוע המכונית כבה מיד עם תחילת הגשם, מהי מהירות המכונית לאחר t שניות? (8 נקודות)

ד. אם מנוע המכונית לא כבה, מה צריך להיות הספקו כדי לשמור על המהירות ההתחלתית? (8 נקודות)

ה. כיצד נראה באופן איכותי גרף מהירות המכונית כפונקציה של הזמן בשני המקרים? (8 נקודות)

3. כדור מחובר למתקן המסובב אותו במהירות זוויתית קבועה ω.
בשלב מסוים ניתק הכדור מן המתקן.
על הכדור מסתכלים שני אנשים. אדם ב' נמצא על המערכת המסתובבת ואדם א' נמצא על הארץ.



א. האם שתי המערכות הן מערכות אינרציאליות? (3 1/3 נקודות)

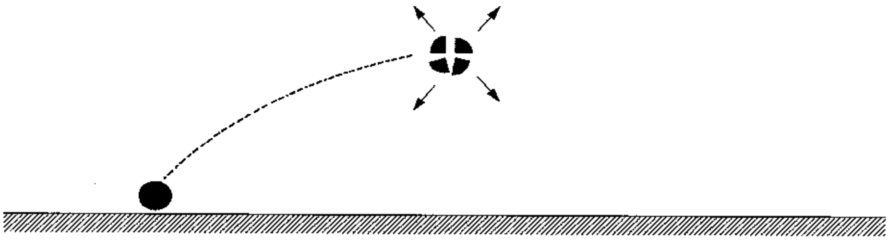
ב. מהו מסלול הכדור שיראה אדם א'? (8 נקודות)

ג. מהו מסלול הכדור שיראה אדם ב'? (8 נקודות)

ד. האם יסכימו שני האנשים על זמן התנועה של הכדור עד נפילתו (6 נקודות)

ה. האם מי מן השניים צריך להוסיף כוח מדומה כדי להסביר את תנועת הכדור? (8 נקודות)

4. מסה m נזרקת בזווית לקרקע. בשלב מסוים של העליה מתפוצצת המסה לארבעה חלקים שונים.



א. חלק/י את התנועה לשלושה חלקים שונים. (6 נקודות)

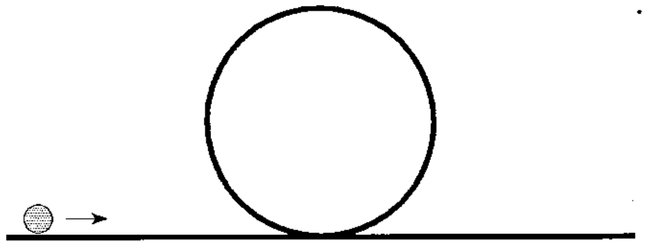
ב. באילו חלקים של התנועה נשמרת האנרגיה המכנית של המערכת? (8 נקודות)

ג. באילו חלקים של התנועה נשמר התנע הקווי של המערכת? (8 נקודות)

ד. כיצד נראה המסלול של מרכז המסה של המערכת לפני ואחרי הפיצוץ? הסבר/י (8 נקודות)

ה. אם נניח שכל החלקים מתפוצצים באותה הנקודה, האם זמן הגעתם לארץ זהה? (3 1/3 נקודות)

5. כדור מקבל מהירות התחלתית על מסלול ללא חיכוך ובו חלק מעגלי.



א. האם התנועה בחלק המעגלי היא במהירות קבועה או במהירות משתנה? הסבר/י (5 נקודות)

ב. האם פועלת על הגוף תאוצה צנטריפטלית בכל חלקי התנועה במסלול המעגלי? הסבר/י (5 נקודות)

ג. האם פועלת על הגוף תאוצה משיקית בכל חלקי התנועה במסלול המעגלי? הסבר/י (5 נקודות)

ד. מהו ההבדל בין התאוצה הצנטריפטלית והתאוצה המשיקית ביחס לשינוי שהם גורמים למהירות? (8 נקודות)

ה. האם התאוצה המשיקית קבועה במהלך הסיבוב? הסבר/י (4 1/3 נקודות)

ו. האם התאוצה הצנטריפטלית קבועה במהלך הסיבוב? הסבר/י (6 נקודות)

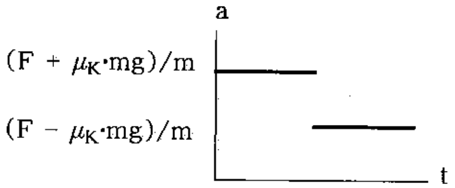
בהצלחה!!!

תשובות סופיות – מבחן מתכונת מספר 24

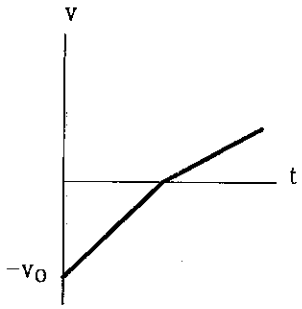
שאלה מספר 1

א. הגוף יאיט עד לעצירה ולאחר מכן יאיץ ימינה בתאוצה קטנה יותר.

ב.

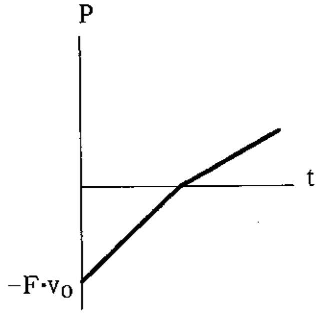


ג.

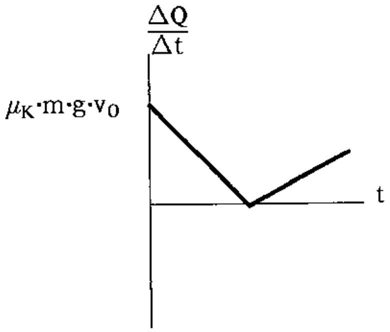


ד. פרבולה אחת עד לעצירה. פרבולה שניה שטוחה יותר לאחר שינוי כיוון המהירות.

ה.



ו.



שאלה מספר 2

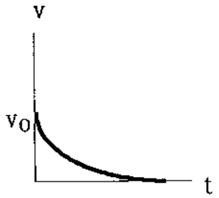
א. לא. מופעל כוח חיצוני של משקל הטיפות.

ב. התנע האנכי לא נשמר בגלל הכוח החיצוני של הקרקע.

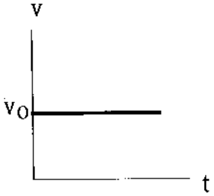
ג. $U = \frac{M}{M + m \cdot t} \cdot v_0$

ד. $P = m \cdot v_0^2$

ה. במקרה שהמנוע כבה:



במקרה שהמנוע עובד:



שאלה מספר 3

א. לא. המערכות אינן אינרציאליות כי יש תאוצה צנטריפטלית למערכת המסתובבת.

ב. אדם א' יראה את הכדור נע בזריקה אופקית, לאחר שהיתה לו מהירות התחלתית.

ג. אדם ב' יראה את הכודר נופל כלפי מטה ובאותו הזמן מתרחק ממנו בתאוצה, למרות שלא היתה לו מהירות התחלתית.

ד. כן. זמן התנועה שימדדו השניים זהה.

ה. כן. אדם ב' יוסיף כוח מדומה, כוח צנטריפוגלי, הגורם לכדור לנוע אל מחוץ למעגל.

שאלה מספר 4

א. (I) תנועה בזריקה משופעת של המסה כולה.
(II) התפוצצות
(III) תנועה נפרדת של כל החלקים.

ב. בחלקים (I) ו- (III)

ג. בחלק (II)

ד. מסלול מרכז המסה לא משתנה בהתפוצצות והוא המסלול הבליסטי של המסה כולה.

ה. לא. תלוי ברכיב המהירות האנכי של כל חלק.

שאלה מספר 5

א. במהירות משתנה.

ב. כן. בכל שלב פועלת תאוצה צנטריפטלית.

ג . לא. בנקודה התחתונה והעליונה אין תאוצה משיקית.

ד. תאוצה צנטריפטלית משנה כיוון מהירות
תאוצה משיקית משנה גוֹדל מהירות

ה. לא. התאוצה המשיקית תלויה בזווית.

ו. לא. המהירות משתנה ולכן התאוצה הצנטריפטלית משתנה.

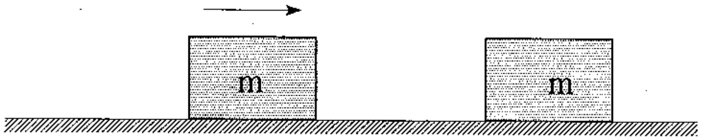
מבחן מתכונת מספר 25

משך הבחינה: שעה וחצי

מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה חמש שאלות. מתוכן עליך לענות על שלוש שאלות בלבד.

לכל שאלה - $33\frac{1}{3}$ נקודות. מספר הנקודות לכל סעיף רשום בסופו.

1. מסה m נעה במהירות v לכיוון מסה שניה זהה הנמצאת במנוחה. כל זמן שהגופים רחוקים זה מזה מרחק גדול מ-x_0 לא מופעל עליהם כוח, ומאותו רגע שמרחקם קטן מ-x_0 פועל עליהם כוח דחיה קבוע F. הגופים מתקרבים זה לזה עד למרחק הקטן ביותר בין הגופים המסומן ב-x_{min}.
המשטח עליו נעות המסות חלק.



א. האם ברגע בו הגופים נמצאים במרחק x_{min} זה מזה, אחד הגופים או שניהם במנוחה? (5 1/3 נקודות)

ב. כיצד נראה גרף מהירות מרכז המסה כפונקציה של הזמן? (3 נקודות)

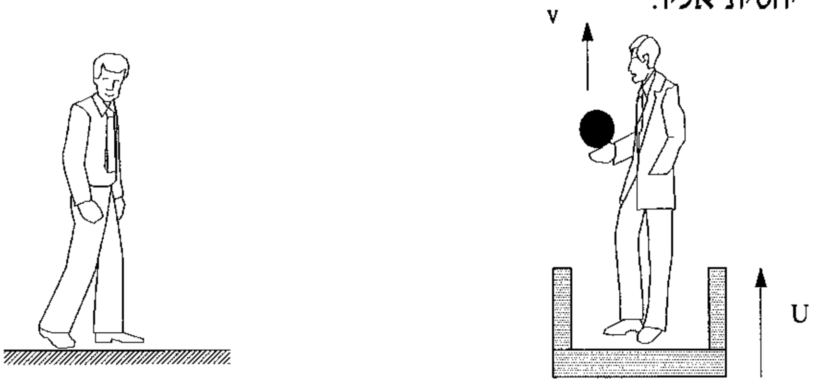
ג. כיצד נראה גרף מהירות כל אחת מהמסות כפונקציה של הזמן? (8 נקודות)

ד. מצא/י, בעזרת הנתונים שבגרף, ביטוי למרחק המינימלי בין הגופים. (7 נקודות)

ה. האם במצב בו המרחק x_{min} האנרגיה הקינטית קטנה יותר מהאנרגיה הקינטית כאשר המרחק הוא x_0? הסבר/י (5 נקודות)

ו. האם יש בתוצאה של סעיף ה' סתירה לחוק שימור האנרגיה? (3 נקודות)

2. אדם עומד על ריצפת מעלית פתוחה. המעלית נעה במהירות קבועה U. האדם מחזיק בידו כדור וזורק אותו מעלה במהירות v יחסית אליו.



א. מהי מהירות הזריקה יחסית לאדם שני הנמצא על הקרקע? (3 1/3 נקודות)

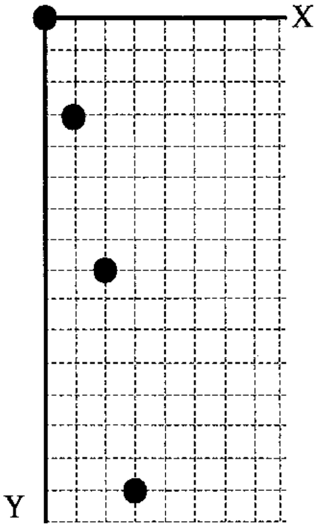
ב. האם שני האנשים מסכימים על הרגע בו מגיע הכדור לשיא הגובה? הסבר/י (8 נקודות)

ג. האם שני האנשים מסכימים על הרגע בו מגיע הכדור חזרה לידי האדם? הסבר/י (8 נקודות)

ד. מי משני האנשים סבור שזמן העליה וזמן הירידה אינם שווים? (8 נקודות)

ה. בטא את הזמן מרגע הזריקה ועד לחזרה לידי האדם בעזרת U,v,g (6 נקודות)

3. לפניך תיאור מיקומו של גוף בארבע שניות רצופות. כל שנתה אופקית ואנכית היא 1m. הכיוון החיובי של ציר ה-X הוא ימינה. הכיוון החיובי של ציר ה-Y הוא מטה.



הגוף מתחיל את תנועתו בראשית הצירים כאשר הוא במהירות בציר X של 1 m/sec ומהירות בציר Y של 1 m/sec.

א. האם הכוח השקול על הגוף שווה לאפס? הסבר/י (3 1/3 נקודות)

ב. מהו וקטור המיקום לאחר כל שניה? (6 נקודות)

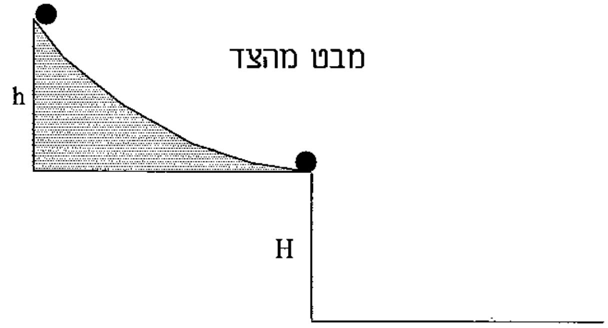
ג. מהו וקטור המהירות הממוצע לאחר כל שניה? (6 נקודות)

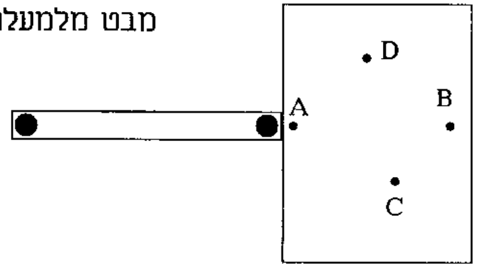
ד. מהו וקטור התאוצה הממוצעת לאחר כל שניה? (6 נקודות)

ה. האם תנועת הגוף היא חלק ממעגל גדול? (6 נקודות)

ו. תן/תני דוגמה למקרה בו התנועה של גוף דומה לתנועה המתוארת בשרטוט (6 נקודות)

4. בניסוי להוכחת חוק שימור התנע השתמש תלמיד בשתי גולות זהות. את האחת הניח בגובה h (הניתן לשינוי) של מסילה שניתן להזניח את החיכוך לאורכה, ואת השני שם בתחתית המסלול. לאחר פגיעת המסה הניידת במסה הנחה בהתנגשות אלסטית לחלוטין, מי מן השתיים שנופלת לרצפה מגובה H (או שתיהן), יוצרת שם סימן על ניר סימון. (הפרש הזמנים בין תחילת נפילת שתי הגולות זניח). נקודת הסימון A היא ממש מתחת נקודת הפגיעה.





א. אם ההתנגשות היא התנגשות מצחית:

(I) איזו מהנקודות יכולה להיות נקודת הפגיעה של המסה שהייתה נייחת לפני הפגיעה. (3 1/3 נקודות)

(II) שרטט/י באופן איכותי גרף המקשר את $\sqrt{h}$ עם המרחק $\overline{AB}$. (6 נקודות)

(III) האם ניתן למצוא מן השיפוע את תאוצת הכובד? (6 נקודות)

(המשך בעמוד הבא)

ב. אם ההתנגשות היא לא מצחית:

(I) איזו מהנקודות יכולה להיות נקודת הפגיעה של המסה הנייחת לפני הפגיעה? (5 נקודות)

(II) כיצד משתנה הזווית בין הקווים $\overline{AC}$ ו- $\overline{AD}$ כפונקציה של הגובה h? (5 נקודות)

(III) כיצד ניתן להוכיח את שימור התנע בעזרת המרחקים על הניר? (4 נקודות)

ג. כיצד היו משתנות באופן איכותי נקודות הפגיעה אם במקום מסה m היתה מופלת מסה של 3m מן הגובה h, והמסה בתחתית המסלול היתה עדיין m? (4 נקודות)

5. לווין שמסתו m נע במסלול מעגלי בגובה h מעל פני כדור הארץ. האנרגיה הפוטנציאלית של מערכת שני הגופים מחושבת כך שכאשר המרחק בין הגופים הוא אינסופי האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית שלהם שווה לאפס.

א. מהי האנרגיה הכוללת של המערכת? (5 1/3 נקודות)

ב. מדוע האנרגיה הכללית שלילית? (7 נקודות)

ג. מה יקרה ללווין אם נעניק לו תוספת אנרגיה כך שסך כל האנרגיה של המערכת יהפוך לחיובי? (7 נקודות)

ד. אם נחשב את האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית של המערכת ביחס לנקודה שבה הלווין נמצא על פני כדור הארץ, האם האנרגיה הכללית של המערכת לווין-ארץ תהיה חיובית? (7 נקודות)

ה. האם במקרה המתואר בסעיף ד' הלווין קשור לכדור הארץ? (7 נקודות)

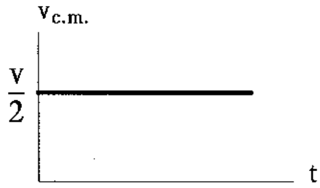
בהצלחה!!!

תשובות סופיות - מבחן מתכונת מספר 25

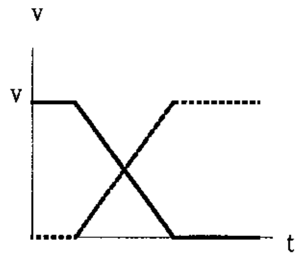
שאלה מספר 1

א. שני הגופים לא במנוחה אלא במהירות זהה - מהירות מרכז המסה.

ב.



ג.



ד. $x = x_0 - \frac{m \cdot v_0^2}{4 \cdot F}$

ה. כן. האנרגיה הקינטית קטנה יותר. $v_0^2 > 2 \cdot \left[\frac{v_0}{2}\right]^2$

ו. לא. האנרגיה אצורה באנרגיה הפוטנציאיתל שיצר F.

שאלה מספר 2

א. $v_{rel} = U + v$

ב. לא. שיא הגובה מבחינת האדם במעלית מתרחש לפני שיא הגובה מבחינתת האדם הנייח.

ג. כן.

ד. האדם הנייח.

ה. $T = \frac{2 \cdot v_0}{g}$

שאלה מספר 3

א. לא. המסלול אינו קו ישר. בציר X המהירות קבועה. בציר Y יש תאוצה.

ב. $\vec{X}_0 = (0,0)$; $\vec{X}_1 = (1,3)$; $\vec{X}_2 = (2,8)$; $\vec{X}_3 = (3,15)$

ג. $\vec{v}_0 = (1,1)$; $\vec{v}_1 = (1,3)$; $\vec{v}_2 = (1,5)$; $\vec{v}_3 = (1,7)$

ד. $\vec{a}_0 = (0,2)$; $\vec{a}_1 = (0,2)$; $\vec{a}_2 = (0,2)$; $\vec{a}_3 = (0,2)$

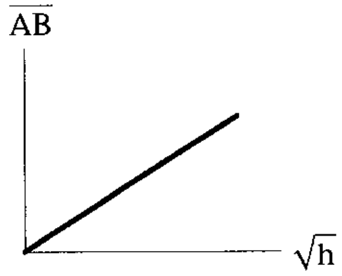
ה. לא. כיוון התאוצה הוא קבוע.

ו. בזריקה אופקית, התנועה היא דומה. התאוצה היא תאוצת הכובד.

שאלה מספר 4

א. (I) נקודה B. התנע הקווי נשמר על ציר אחד.

(II)



(III) לא. השיפוע הוא $\sqrt{4 \cdot H}$

ב. (I) נקודות C או D

(II) הזווית לאל מושפעת. היא תמיד 90^0

(III) להראות כי סכום הקווים האנכיים לקו $\overline{AB}$ מתאפס.

ג. (I) נקודת הפגיעה של המסה m היתה מתרחקת.

(II) היתה נקודת פגיעה למסה הנופלת גם במקרה של התנגשות מצחית.

(III) הזווית לא היתה 90^0 בהתנגשות הלא מצחית.

שאלה מספר 5

א. $E = -\frac{G \cdot m \cdot M}{2 \cdot \left[R_E + h\right]}$

ב. מכיוון שהכוח הוא כוח משיכה וצריך להשקיע עבודה כדי להביא את הגופים למרחקה אינסופי בו תהיה להם אנרגיה השווה לאפס.

ג. הלווין יתנתק מכדור הארץ.

ד. האנרגיה תהיה חיובית כי תהיה לו רק אנרגיה קינטית.

ה. בוודאי. מישור היחוס של האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית לא משנה את העובדה שהלווין קשור לכדור הארץ.

דף נוסחאות

קינמטיקה

מהירות רגעית $\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}$

תאוצה רגעית $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$

תנועה שוות תאוצה

$v = v_0 + at$

$x = x_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2}$

$x = x_0 + \frac{v_0 + v}{2} t$

$v^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0)$

מהירות של B ביחס ל A

$\vec{v}_{B,A} = \vec{v}_B - \vec{v}_A$

כוחות

כוח הכובד $W = mg$

חוק הוק $F = k\Delta \ell$

חיכוך במנוחה $f_s \le \mu_s N$

חיכוך החלקה $f_k = \mu_k N$

החוק השני של ניוטון $\Sigma\vec{F} = \frac{d(m\vec{v})}{dt}$

$\Sigma\vec{F} = m\vec{a}$

עבודה, אנרגיה והספק

עבודה $W = \int_{s_1}^{s_2} F\cos\theta\, ds$

עבודה של כוח קבוע $W = F\cos\theta\,\Delta s$

אנרגיה קינטית $E_k = \frac{mv^2}{2}$

שינוי אנרגיה פוטנציאלית כובדית

(שדה אחיד) $\Delta U_G = mg\Delta h$

אנרגיה פוטנציאלית אלסטית

(במצב רפוי $U_{e\ell} = 0$) $U_{e\ell} = \frac{1}{2}k(\Delta \ell)^2$

עבודה - אנרגיה $W_{\Sigma\vec{F}} = \Delta E_k$

עבודת שקול הכוחות הלא משמרים

(E - אנרגיה מכנית כוללת) $W = \Delta E$

הספק רגעי $P = \frac{dW}{dt}$

הספק מכני רגעי $P = Fv\cos\theta$

מתקף ותנע

מתקף-תנע $\int_{t_1}^{t_2} \vec{F}\, dt = \Delta(m\vec{v})$

בכוח קבוע $\vec{F}\Delta t = \Delta(m\vec{v})$

שימור תנע $m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 = m_1\vec{u}_1 + m_2\vec{u}_2$

בהתנגשות אלסטית חד-ממדית

$v_1 - v_2 = u_2 - u_1$

מודל של גז אידיאלי

משוואת המצב של גז אידיאלי

$pV = nRT$

החוק הראשון של התרמודינמיקה

$\Delta U = Q - W$

תנועות מחזוריות

$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$

תנועה מעגלית

מהירות זוויתית $\omega = \frac{d\theta}{dt}$

תאוצה מרכזית $a_R = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R$

תנועה הרמונית

משוואת התנועה $-kx = m\frac{d^2x}{dt^2}$

$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$

פונקציית "מקום-זמן" $x = A\cos(\omega t + \phi)$

מהירות $v = -\omega A \sin(\omega t + \phi)$

$v = \pm\,\omega\sqrt{A^2 - x^2}$

תאוצה $a = -\omega^2 A \cos(\omega t + \phi)$

$a = -\omega^2 x$

זמן המחזור $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$

מטוטלת פשוטה $T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$

כבידה

כוח הכבידה $F = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$

אנרגיה פוטנציאלית כובדית

$U_G = -\frac{GMm}{r}$ $(U_G(\infty) = 0)$

חוקי קפלר

החוק השני (חוק השטחים) $\frac{dA}{dt} =$ קבוע

החוק השלישי $\left(\frac{R_1}{R_2}\right)^3 = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2$

אנרגיה של לווין במסלול מעגלי

קינטית $E_k = \frac{GMm}{2r} = -\frac{U_G}{2}$

כוללת $E = -\frac{GMm}{2r}$

מכניקה של גוף קשיח

מהירות זוויתית $\omega = \frac{d\theta}{dt}$

תאוצה זוויתית $\alpha = \frac{d\omega}{dt}$

מומנט של כוח $\tau = rF\sin\theta;\ \vec{\tau} = \vec{r}\times\vec{F}$

חוק שני של ניוטון לתנועה סיבובית

$\Sigma\tau = I\alpha$

מרכז מסה $\bar{x} = \frac{\Sigma m_i x_i}{M}$ $\bar{y} = \frac{\Sigma m_i y_i}{M}$

מומנט התמדה $I = \Sigma m_i r_i^2$

$I = \int r^2 dm$

מומנט התמדה לגבי ציר סימטריה

מוט	$\frac{1}{12} mL^2$
גליל מלא	$\frac{1}{2} mR^2$
גליל חלול דק	mR^2
טבעת גלילית	$\frac{1}{2} m(R_1^2 + R_2^2)$
כדור חלול	$\frac{2}{3} mR^2$
כדור מלא	$\frac{2}{5} mR^2$

משפט שטיינר $I = I_{c.m.} + ms^2$

זמן מחזור של מטוטלת פיסיקלית

$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{mgs}}$

נקיפה (פרצסיה) $\Omega = \frac{\tau}{I\omega}$

אנרגיה קינטית סיבובית $E_k = \frac{I\omega^2}{2}$

עבודה $W = \tau\theta$

הספק $P = \tau\omega$

תנע זוויתי של גוף נקודתי $\vec{L} = \vec{r}\times m\vec{v}$

תנע זוויתי $\vec{L} = I\vec{\omega}$

מתקף זוויתי - תנע זוויתי $\vec{\tau}\Delta t = \Delta\vec{L}$

מיון שאלות על פי נושאים

תנועה בקו ישר – 16/1 126/1 129/4 150/1 162/1 176/1 204/2 217/1 270/1 292/1

תנועה במישור – 190/2 206/4 230/1 232/3 280/4 303/3

החוק השני של ניוטון – 17/2 18/3 29/1 31/3 85/1 88/4 113/1 114/2 155/5 163/2 179/4 205/3 217/1 220/4 234/5 244/1 259/3 271/2 273/4 278/2 284/1 287/4 292/1 301/1

מישור משופע – 16/1 129/4 150/1 190/2 204/2 233/4 270/1

תנועה מעגלית – 3/3 30/2 58/2 153/3 230/1 244/1 261/5 281/5 294/3 296/5

עבודה ואנרגיה – 16/1 45/4 57/1 87/3 126/1 128/3 152/2 163/2 177/2 191/3 217/1 233/4 244/1 247/4 260/4 271/2 284/1 292/2

תנועה באויר – 1/1 44/3 73/2 75/4 98/1 114/2 162/1 176/1 230/1 289/4 302/2

תנע – 4/4 19/4 33/5 44/3 45/4 74/3 86/2 87/3 101/4 116/4 127/2 128/3 139/1 141/3 142/4 152/2 155/5 164/3 176/1 177/2 189/1 218/2 220/4 231/2 246/3 258/2 260/4 272/3 277/1 286/3 287/4 293/2 295/4 301/1 304/4

תנועה הרמונית – 42/1 59/3 60/4 72/1 87/3 99/2 100/3 115/3 140/2 165/4 178/3 203/1 219/3 257/1 260/4 279/3 285/2

כבידה – 5/5 20/5 32/4 46/5 61/5 76/5 89/5 102/5
117/5 130/5 142/5 154/4 165/5 180/5 193/5 207/5
221/5 248/5 288/5 305/5

מערכות יחוס – 2/2 43/2 141/3 189/1 192/4 274/5 286/3
294/3 302/2